E N E R G I E - U N D

E L E K T R O L Y T B I L A N Z E N

E I N E S

E R N Ä H R U N G S V E R S U C H E S

M I T

F O R M E L D I Ä T

L u d w i g L e i b l

1979

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547005_0037

Aus der Medizinischen Poliklinik der Universität München

Direktor: Prof. Dr. N. Zöllner

ENERGIE- UND ELEKTROLYTBILANZEN EINES ERNÄHRUNGSVERSUCHES MIT FORMELDIÄT

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde in der Zahnheilkunde
an der Ludwig Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Ludwig Leibl

aus

Straubing

Jahr

1979

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter:	Prof. Dr. G. Wolfram
Mitberichterstatter:	Prof. Dr. N. Zöllner
Dekan:	Prof. Dr. W. Spann
Tag der mündlichen Prüfung:	2.10.1979

G l i e d e r u n g

A Einleitung

B Methode

1. Zusammensetzung der Formeldiät
2. Versuchsbeschreibung
3. Methode der Konzentrationsbestimmung von Natrium und Kalium im Sammelurin

C Ergebnisse

1. Gewichtsverlauf und Energiezufuhr
2. Wasser- und Elektrolytbilanzen

D Diskussion

I. Energiebilanzen
1. Energieaufnahme und Körpergewicht
2. Energieaufnahme und Körperoberfläche
3. Körpergewicht bei Formeldiät II

II. Elektrolytbilanzen
1. Natriumaufnahme und -ausscheidung
2. Abhängigkeit der Natriumausscheidung vom Linolsäuregehalt der Formeldiät
3. Kaliumbilanzen

E Zusammenfassung

F Tabellen und Graphiken

G Literaturverzeichnis

H Lebenslauf

A Einleitung

Seit den quantitativen Messungen Rubner's Ende des 19. Jahrhunderts ist bekannt, daß das Gesetz von der Erhaltung der Energie auch für den Warmblüterorganismus gilt.
Der Energieverbrauch in allen Organen des lebenden Organismus macht einen ständigen Ersatz des im Stoffwechsel verbrauchten Materials notwendig, wenn die Energiebilanz ausgeglichen sein soll, d.h. nichts von der eigenen Substanz abgebaut werden soll (18).
Da die Nahrung sowohl Zellbausteine als auch Energie für die Syntheseprozesse liefern muß, führt Nahrungsmangel oder das Fehlen einzelner unentbehrlicher Nahrungsbestandteile zu einer Abnahme des Körperbestandes, zu Gewichtsverlust und durch Funktionsstörungen zu Erkrankungen und schließlich zum Tod (6).

In den Entwicklungsgebieten und den Staaten mit einer großen Bevölkerungszunahme, mit der die Nahrungsmittelproduktion nicht Schritt halten kann, ist auch heute noch die Bekämpfung des Hungers eine fast unlösbar scheinende Aufgabe.
In den Industrieländern stellt sich ein umgekehrtes Problem durch den unkritischen Konsum des Überangebotes an Nahrungs- und Genußmitteln. Wir ernähren uns nicht entsprechend den, infolge geringerer körperlicher Tätigkeit, geringeren Bedürfnissen des Organismus, sondern nehmen auf Grund falscher Auswahl der Nahrungsmittel zu viel Energie in Form von Kohlenhydraten und/oder Fett auf (51). Dies führt - außer bei wenigen Personen, bei denen ein konstitutionell lebhafter Bewegungsdrang keine Gewichtszunahme zuläßt (49) - zu Fettsucht.

Übergewicht ist so verbreitet, daß viele Menschen es gar nicht als anormal oder krankhaft empfinden (53), sondern die Fettsucht sogar als Zeichen des Wohlstandes betrachten (35). Zwar stirbt man an der Adipositas nicht, wohl aber an ihren Folgekrankheiten. Jeder zweite bis dritte Bundesbürger erliegt heute einem Gefäßleiden, für das in erster Linie überkalorische Ernährungsweise, mangelnde körperliche Bewegung und das Rauchen verantwortlich sind (53).

In den USA hat Jolliffe (29) errechnet, daß die Entdeckung eines Krebsmittels die Lebenserwartung um 2 Jahre erhöhen würde, die Normalisierung des Körpergewichts der Bürger der Vereinigten Staaten jedoch um 4 Jahre.

Außer Übergewicht und Stoffwechselkrankheiten, die mit fast 30 % die Hauptursache für arteriosklerotische Veränderungen darstellen (22), führen u.a. auch Alter, Hypertonie, physischer und psychischer Streß (7) und genetisch bedingte Faktoren (24) zu Fibrin- und Lipidablagerungen in den Gefäßwänden (14).

Wird die Energiezufuhr herabgesetzt, nimmt nach Stare (41) der Gehalt an fettlöslichen Bestandteilen im Blut, darunter auch Cholesterin, erheblich ab. Ebenso verringert er sich durch Austausch von tierischen Fetten, die mehr gesättigte Fettsäuren enthalten, gegen mehrfach ungesättigte pflanzliche Fette (30, 23).

Ergänzend zu den angeführten Faktoren weist Bajusz (7) auf die grundlegende Bedeutung der Nahrungselektrolyte für die Entstehung und Prophylaxe von Kardiomyopathien hin. So erhöht eine hohe Kochsalzzufuhr mit der Nahrung den Blutdruck und die Bereitschaft des Herzmuskels für die Ausbildung struktureller Veränderungen.

Kaliumionen haben eine dreifache Beziehung zum Stoffwechsel und zur Funktion des Herzmuskels (8): sie sind an der Energieproduktion durch die Herzmuskelfaser beteiligt, sind wichtig für die Muskelkontraktion und beeinflussen die Erregbarkeit der Herzmuskelzelle. Kaliummangel kann somit die Leistungsfähigkeit, Kontraktilität und Erregbarkeit des Herzens beeinträchtigen.

Auch ein Einfluß der Nahrungselektrolyte, besonders des Magnesiums, auf die Ausbildung der Athersoklerose wird diskutiert (7, 46). So wurde eine umgekehrte Relation zwischen dem Auftreten der Atherosklerose und dem Mg-Gehalt des Trinkwassers festgestellt (11). Eine tägliche Zufuhr von 0,25 g bis 0,30 g Magnesium mit der Nahrung ermöglicht eine ausgeglichene Bilanz. In der Literatur werden wesentlich höhere Mg-Mengen angegeben, die den Herzmuskel gegen potentiell kardiotoxische Einflüsse schützen sollen (43).

In der klinischen Ernährungsforschung werden Auswirkungen der Nahrung auf den Stoffwechsel des Körpers untersucht, um Richtlinien für die Erhaltung der Gesundheit, sowie in der klinischen Diätetik Möglichkeiten zur Behandlung von Krankheiten zu erarbeiten (37).

Um definierte Versuchsbedingungen bei Ernährungsversuchen zu gewährleisten, verwendete Ahrens (3, 4, 52) erstmals Formeldiäten. Diese sind standardisierte, bilanzierte und definierte Nährstoffgemische (6), bei denen die einzelnen Grundnährstoffe in beliebigem Verhältnis variiert, über längere Zeit in konstanter Zusammensetzung aufgenommen und ihre Auswirkungen auf die verschiedensten meßbaren Größen des Stoffwechsels untersucht werden können.

Enthält die Diät alle essentiellen Nahrungsbestandteile, kann der Organismus monatelang ohne Beeinträchtigung der Leistungsfähigkeit und Gesundheit allein von dieser Nahrung leben.
Ahrens (3) ernährte gesunde Versuchspersonen 16 Wochen mit Formeldiät. Bäßler (6) beschreibt Langzeituntersuchungen, bei denen mit Formeldiät mehrere Tiergenerationen ohne erkennbare Mangelkrankheiten ernährt wurden. Daraus kann man schließen, daß Formeldiäten als vollwertige Kostformen über längere Zeit gegeben werden können. Die damit erzielten Ergebnisse sind denen unter herkömmlicher Kost vergleichbar.

Zielsetzung dieses Ernährungsversuches war es, bei einem konstanten Fettanteil von 25 % in der Nahrung den Einfluß einer Veränderung des P/S Quotienten, Verhältnis von Polyunsaturated zu Saturated fatty acids (50), auf die Serumlipide zu untersuchen. Die vorliegende Arbeit befaßt sich im Rahmen dieses Formeldiätversuches mit dem Einfluß einer Veränderung des P/S Quotienten auf die Energie- und Elektrolytbilanzen.

B Methode

1. Zusammensetzung der Formeldiät

An einem 43tägigen Ernährungsversuch, vom 11.2. bis 24.3.1976, nahmen sechs gesunde Versuchspersonen derselben Altersgruppe teil. Es waren Studenten der Medizinischen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität. Geschlecht, Alter, Größe und Gewicht der Versuchspersonen sind in Tabelle 1 verzeichnet.

Die drei Formeldiäten wurden mit II, V und VII bezeichnet. Sie hatten alle den prozentual gleichen Gehalt an Protein, Fett und Kohlenhydraten. 15 % des Energiegehaltes der Formeldiäten bestand aus Eiweiß. Verwendet wurde "Hyperprotidine 92", Guigoz, ein Pulver, das zu 92 % aus fettfreiem Protein besteht. Da es essentielle Aminosäuren in einem ausgewogenen Verhältnis enthält, kann es als biologisch hochwertiges Protein angesehen werden.

Der Kohlenhydratanteil war mit 60 % der zugeführten Energie um 10 % über dem Durchschnittsanteil in Mitteleuropa. Es wurde Maltodextrin^{R} 19, ein Glucose-Polymeres aus fünf und mehr Glucosemolekülen, verwendet. Dieses fast geschmack- und geruchlose, weiße, kristalline Pulver besteht zu 94,5 % aus Kohlenhydraten und ist frei von Eiweiß und Lipiden.

Der Fettanteil von 25 % der Energiezufuhr wurde bei den drei Formeldiäten verändert. Bei konstanter Gesamtmenge unterschieden sich die Fettanteile der Formeldiäten II, V und VII in ihrem Gehalt an gesättigten, einfach und mehrfach ungesättigten Fettsäuren.

Die Fettanteile wurden aus Distel-(Saflor-)öl "Olivit", mit dem höchsten Gehalt an mehrfach ungesättigten Fettsäuren, aus Olivenöl "Carapelli", das einen hohen Anteil an einfach ungesättigten Fettsäuren aufweist, und aus "Unilever-Fett", dessen Triglyceride überwiegend aus gesättigten Fettsäuren aufgebaut sind, hergestellt.

Einer Tagesportion mit einem Energiegehalt von 12500 kJ (3000 kcal) wurden 5,0 g NaCl und 3,0 g KCl sowie 500 mg (vom 1. bis 7. Versuchstag) bzw. 600 mg (ab 8. Versuchstag) Cholesterin zugegeben. Die Bestandteile wurden mit 500 ml Wasser zu einer breiartigen Formeldiät verquirlt und in handelsübliche Milchtüten abgefüllt.

Die Zusammensetzung der Formeldiät ist in Tabelle 2 dargestellt, Tabelle 3 zeigt die Zusammensetzung der Fettgemische von Formeldiät II, V und VII.

2. Versuchsbeschreibung

Um die Einflüsse zeitlicher Faktoren möglichst auszuschalten, erfolgte die Zuteilung zu den einzelnen Formeldiäten in Zweiergruppen randomisiert. Jeweils zwei Versuchspersonen erhielten eine Formeldiät 14 Tage lang. Am Versuchsende erhielt jede Zweiergruppe nochmals die Formeldiät der ersten Periode. Den zeitlichen Ablauf des Ernährungsversuches zeigt Tabelle 4.

Die Kochsalzzufuhr in der BRD beträgt etwa 15 g pro Tag. Der Kochsalzgehalt der Formeldiäten lag mit 5,0 g pro 12500 kJ (3000 kcal) Energiegehalt erheblich niedriger.

Die Versuchspersonen sollten die Formeldiäten in möglichst viele Portionen aufteilen, um während des Tages eine möglichst gleichmäßige Nahrungszufuhr zu haben. Die Diät war sehr sättigend, jedoch dauerte wegen des geringen Fettanteils das subjektive Gefühl der Sättigung nur wenige Stunden an.
An Getränken war Wasser, Mineralwasser, Tee und Kaffee ohne Milch in beliebiger Menge erlaubt. Die Flüssigkeitsmenge wurde protokolliert, Tee und Kaffee konnten mit Glucose (Dextro^{R}-med) bis zu 80 g pro Tag gesüßt werden, wodurch der Kohlenhydratanteil noch gesteigert wurde. Als Geschmackskorrigentien waren neben löslichem Kaffee noch Zimt, Zitronensäure und Vanillin zugelassen.

Zur Deckung des Vitaminbedarfs bekam jede Versuchsperson täglich eine Kapsel eines Multivitaminpräparates (Multibionta^{R} forte). Ab dem 15. Tag erhielten die Versuchspersonen zusätzlich eine Kapsel Multibionta^{R}, sowie zur Deckung des Eisenbedarfs täglich eine Kapsel eines Eisenpräparates (Plastulen^{R}).

Die tägliche Formeldiätmenge wurde entsprechend des durchschnittlichen, vor dem Ernährungsversuch anhand von Ernährungsprotokollen über acht Tage bestimmten Energiebedarfs festgelegt. Energiegehalt und durchschnittliche prozentuale Zusammensetzung dieser Nahrung aus Fett, Kohlenhydraten und Protein zeigt Tabelle 5.
Die Energiezufuhr wurde entsprechend dem täglich nüchtern bestimmten Körpergewicht verändert.

Nach Abschluß des Versuches wurden erneut Ernährungsprotokolle über eine Woche erstellt und Energiemenge sowie

Zusammensetzung bestimmt. Diese Werte sind in Tabelle 6 verzeichnet.
Am 1., 6., 8., 10. und 13. Versuchstag jeder Formeldiät wurde nüchtern in EDTA-Röhrchen Blut abgenommen. Aus dem Plasma wurde der Gehalt an Cholesterin, Triglyceriden, ß-Lipoproteinen, Harnsäure und Phosphatiden bestimmt. Außerdem wurde am 1. und 13. Tag jeder Periode drei und fünf Stunden nach Aufnahme eines Viertels der Tagesration postprandial Blut abgenommen. In der Ultrazentrifuge wurden die Lipoproteine entsprechend ihrer Dichte getrennt. Von jeder Fraktion wurde ein Lipoidextrakt nach der Methode von Sperry (40) hergestellt.
Bestimmungen der Darmkeime wurden während der Formeldiätperiode einmal wöchentlich im Hygieneinstitut der Universität München durchgeführt. Dieselbe Untersuchung wurde acht Wochen nach Versuchsende an vier aufeinanderfolgenden Tagen wiederholt.

Täglich wurde Häufigkeit, Farbe und Konsistenz des Stuhlgangs von jeder Versuchsperson erfragt und eventuell aufgetretene Gesundheitsstörungen notiert. Insbesondere wurde nach Aufstoßen, Völlegefühl, Übelkeit, Erbrechen und Schmerzen im Abdomen gefragt. Diese subjektiven Gesundheitsstörungen, die Stuhlanamnese, Gewichtsverlauf und Energiezufuhr während des Ernährungsversuches sind aus den Abbildungen 1 - 6 zu ersehen.

Medikamente durften nur nach Rücksprache mit dem Versuchsleiter eingenommen werden, Präparat und Dosis wurde genau protokolliert.

3. Methode der Konzentrationsbestimmung von Natrium und Kalium im Sammelurin

Zur Bestimmung der Elektrolyte, sowie des Harnstoffs, der Harnsäure und des Creatinins wurde der 24-Stunden-Urin gesammelt. Zentrifugenröhrchen mit Sammelurin wurden bei - 24° C aufbewahrt. Zur Bestimmung von Natrium und Kalium wurden die Urinproben 30 Minuten bei + 37° C aufgetaut und 1 : 10 mit aqua bidest verdünnt.
Durch Zugabe von 0,5 ml 0,5 %iger Lithiumcarbonatlösung wurde diese Urinverdünnung neutralisiert und geringfügigere Niederschläge aufgelöst. Aus dieser Lösung wurden durch photometrische Messung der nach Verdampfen des Metalls in der Flamme entstehenden Intensität der Emission im Vergleich mit Eichlösungen die Konzentration von Natrium und Kalium in der Meßflüssigkeit bestimmt (17).
Verwendet wurde ein Flammenphotometer Autoanalyzer, SMA-Technicon mit kombiniertem Schreiber. Dieses Gerät arbeitet mittels der von Holy (25) beschriebenen Flamme, die eine Weiterentwicklung der von Levine et al. (33) angegebenen Flamme darstellt.
Lithium wird als Leitelement verwendet, um Störungen durch Zerstäubungsunregelmäßigkeiten, variable Flüssigkeitsverluste in der Zerstäuberkammer und Flammenunruhe zu eliminieren.
Die vom Schreiber ausgedruckten Konzentrationen wurden mit den Verdünnungsfaktoren und der 24-Stunden-Harnmenge multipliziert. Die tägliche Menge des ausgeschiedenen Natriums und Kaliums ist in den Tabellen 15 - 20 verzeichnet.
Aus 1 : 20 mit aqua bidest verdünntem und neutralisiertem Urin wurde im Autoanalyzer die Konzentration von Creatinin nach der Methode von Chasson et al. (12) und Rapoport (38), die eine Automatisierung der Jaffa-Reaktion (27) darstellt, bestimmt.

C Ergebnisse

1. Gewichtsverlauf und Energiezufuhr

In den ersten fünf Tagen nach Umstellung auf Formeldiät kam es bei allen Versuchspersonen zu einer raschen Gewichtsabnahme von durchschnittlich 1,25 kg. Das dürfte durch die Reduktion der zugeführten Kochsalzmenge bedingt sein, die in der Formeldiät um etwa 10 g niedriger als in der üblichen Kost lag. Auch nach dieser Zeit kam es zu einem Gewichtsverlust. Deshalb wurde die tägliche Formeldiätmenge bei den einzelnen Versuchspersonen erhöht (Tab. 7). Im Durchschnitt mußte die mit der Formeldiät zugeführte Energiemenge gegenüber den anhand der Ernährungsprotokolle vor Versuchsbeginn errechneten Ausgangswerten um 10,9 % erhöht werden. Kleinere Gewichtsschwankungen ergaben sich durch die Häufigkeit des Stuhlgangs und die Zufuhr der Flüssigkeitsmenge.

Die durchschnittliche Gewichtsabnahme vom 1. bis 15. Tag war sowohl durch die Kochsalzreduktion in der Nahrung wie auch durch die reduzierte Energiezufuhr bedingt. Nimmt man ein neues Gleichgewicht von Kochsalz und Körperflüssigkeit ab dem 6. Tag der Formeldiätperiode an, so ist der weitere Gewichtsverlust durch die reduzierte Energiezufuhr bedingt. Aus dem durchschnittlichen täglichen Gewichtsverlust kann man auf die wahrscheinlich tatsächliche Gewichtsabnahme schließen, indem man denselben Gewichtsverlust für die ersten fünf Tage zugrunde legt. Diese Berechnungen sind in Tabelle 8 aufgezeichnet.

Gewichtsänderung und durchschnittliche Energiezufuhr vom 15. - 29. Tag und vom 29. - 43. Tag des Ernährungsversuches sind aus den Tabellen 9 und 10 ersichtlich.

Tabelle 11 zeigt Gewichtsänderung und durchschnittliche Energiezufuhr vom 1. - 43. Tag des Ernährungsversuchs. Die Gewichtsabnahme innerhalb der sechs Versuchswochen lagen zwischen 1,6 kg und 3,9 kg. Zieht man den initialen Wasserverlust ab, kann man Gewichtsabnahmen zwischen 0,8 kg und 3,0 kg innerhalb 43 Tagen feststellen.

Versuchsperson C bekam zweimal, Versuchsperson D einmal eine zusätzliche Energiemenge von 12500 kJ (3000 kcal) Formeldiät, um einen aufgetretenen Gewichtsverlust auszugleichen.
Tabelle 13 zeigt den Gewichtsverlauf der Versuchspersonen A - F bei dem Ernährungsversuch vom 11.2.1976 (1. Versuchstag) bis 24.3.1976 (43. Versuchstag). Die Energieaufnahme der Versuchspersonen A - F ist in Tabelle 14 verzeichnet. Graphisch dargestellt sind Gewichtsverlauf und Energiezufuhr der Versuchspersonen A - F in den Abbildungen 1 - 6.

Von der Möglichkeit, bis zu 80 g Kohlenhydrate in Form von dextro^{R}-med zum Süßen von Kaffee und Tee zu verwenden, machten alle Versuchspersonen Gebrauch. Tabelle 12 zeigt die durchschnittliche Zufuhr an Glucose und die dadurch bedingte Erhöhung des Kohlenhydratanteils auf 60,1 % bis 65,0 % der Energiemenge der Formeldiät.
Der Fettanteil sank relativ dazu um bis zu 3,1 %, so daß noch 21,9 % bis 25 % des Energiebedarfs durch Fett gedeckt wurden.

Das Allgemeinbefinden der Versuchspersonen verschlechterte sich etwa nach der Mitte der Versuchsdauer. Neben dem psychischen Stress, den die Abstinenz von der gewohnten Nahrung verursachte, traten morgendliche Schwindelgefühle

und geringgradige othostatische Beschwerden auf.
Als subjektiv störend wurde auch das Aufstoßen der Vitamintablette in der ersten Stunde nach der Einnahme registriert. Ein Einfluß der Formeldiäten auf Stuhlmenge und -frequenz war nicht zu beobachten. Die Farbe des Stuhls wurde bei vier Versuchspersonen nach etwa drei Tagen hellocker bis gelb. Ab dem 15. Versuchstag hatte der Stuhl bei allen Versuchspersonen durch die Einnahme des Eisenpräparates (Plastulen^{R}) eine dunkle graugrüne bis schwarze Farbe.

Versuchsperson A bekam, entsprechend dem Ernährungsprotokoll der Vorperiode, anfangs 7137 kJ (1705 kcal) Formeldiät. Da nach dem 5. Tag eine weitere Gewichtsabnahme festgestellt wurde, erhöhte man seine Nahrungszufuhr um 12,3 % auf 8016 kJ (1915 kcal). Trotzdem kam es während des Ernährungsversuchs zu einer Gewichtsabnahme von 3,8 kg (Tab. 8). An der Tabelle ist ersichtlich, daß Versuchsperson A während der Formeldiät VII, die er zuerst erhielt, 2,0 kg abnahm, unter der folgenden Formeldiät II 1,3 kg und unter der letzten Formeldiät V nur noch 0,5 kg, da hier seine Energiezufuhr auf 9485 kJ (2266 kcal) erhöht worden war.

Öfters trat Aufstoßen, in der zweiten Versuchswoche auch Völlegefühl nach Einnahme der Formeldiät auf. Am 5. und 6. Versuchstag klagte er über wachsendes Ekelgefühl vor der Nahrungsaufnahme. Ab der 2. Woche trat Zahnfleischbluten bei der Zahnreinigung auf, da die Gingiva auf Grund der fehlenden physiologischen Massage durch den Kaudruck der Nahrung sehr empfindlich war.

Während der 2. Versuchsperiode, in der Versuchsperson A das Fettgemisch II in der Formeldiät zu sich nahm, traten häufig etwa ein bis zwei Stunden nach der Nahrungsaufnahme krampfartige Bauchschmerzen auf. Die Formeldiät konnte trotzdem weiter zugeführt werden.

Versuchsperson A benötigte während der Versuchsdauer keine Medikamente. Durch die Einnahme des Eisenpräparates (Plastulen^{R}) ab dem 15. Versuchstag wurde, wie auch bei den anderen Versuchspersonen, der Stuhl schwarz gefärbt.

Die Formeldiätmenge von Versuchsperson B mußte am wenigsten korrigiert werden. Die Energiezufuhr wurde von anfangs 10297 kJ (2460 kcal) um 5,2 % auf durchschnittlich 10833 kJ (2588 kcal) erhöht.
Versuchsperson B hatte bereits in der 2. Versuchswoche einen nahezu konstanten Gewichtsverlauf, nahm aber während der Formeldiät II in der 3. und 4. Versuchswoche 1,1 kg ab, obwohl er mit 11097 kJ (2651 kcal) etwas mehr Nahrung zu sich nahm als während der Formeldiät V, wo er 11076 kJ (2645 kcal) aufnahm, aber sein Gewicht um 0,2 kg erhöhte. Am 15. und 16. Versuchstag, also an den ersten beiden Tagen, an denen die Formeldiät II gegeben wurde, gab Versuchsperson B Diarrhoe, sowie Blähungen und kurzzeitige krampfartige Beschwerden im Bauchbereich an.

Außerdem wurden während der gesamten Versuchsdauer starke weiße Zungen- und Zahnbeläge sowie eine Abnahme der Konzentrationsfähigkeit registriert. Auffallend ist weiterhin, daß ab der Mitte des Versuchs der in der ersten Hälfte regelmäßige Stuhlgang starke Unregelmäßigkeiten in der Frequenz (Abb. 2) aufwies.

Ab dem 10. Versuchstag trat bei Versuchsperson B ein partieller Papillenschwund an der Zunge auf, der während der restlichen Versuchsdauer abwechselnd stärker und schwächer zu beobachten war und etwa zwei Wochen nach Versuchsende wieder verschwand.

Wegen einer Erkältung nahm Versuchsperson B am 41. Tag zwei, am 42. Tag sechs Aspirin^{R}.

Versuchsperson C, der mit 59,2 kg das geringste Anfangsgewicht aller männlichen Versuchspersonen hatte, nahm durchschnittlich 12331 kJ (2946 kcal) Formeldiät zu sich. Er hatte mit 3,9 kg den größten Gewichtsverlust zu verzeichnen. 2,4 kg davon entfielen auf die ersten beiden Wochen, in denen er Formeldiät II erhielt.

Während der zweiten Versuchsperiode nahm er 0,5 kg ab, in den letzten beiden Wochen 1,0 kg, obwohl er in der 3. Periode um 2,5 % mehr Energiemenge zu sich nahm als in der zweiten.

Dies mag damit zusammenhängen, daß Versuchsperson C gegen Ende des Versuchs zunehmend an Kopfschmerzen, Schlaflosigkeit und Erschöpfung litt. Die Abneigung gegen die Formeldiät nahm im Laufe des Ernährungsversuchs zu.

Versuchsperson C hatte während der Formeldiät II an zwei Tagen Diarrhoe, ebenso am ersten Tag, an dem er die Formeldiät VII erhielt.

Versuchsperson D nahm während des Versuchs 2,5 kg ab. 2,2 kg davon entfielen auf die ersten beiden Wochen, in denen Formeldiät II aufgenommen wurde.

Während in der zweiten Periode kein Gewichtsverlust auftrat, verlor Versuchsperson D in den letzten beiden Wochen noch 0,3 kg, obwohl dieselbe Energiemenge konsumiert wurde.
Die Versuchsperson hatte in der ersten Woche, am 26. bis 28. Tag und an den letzten Tagen des Versuchs eine Erkältung; am 41. und 42. Tag war die Einnahme von je drei Tabletten Aspirin^{R} notwendig. An diesen Tagen klagte die Versuchsperson auch über subjektives Krankheitsgefühl, Erschöpfung und Schwindelanfälle.

Bei Versuchsperson D traten auch starke Zungenbeläge und Zahnfleischbluten beim Zähneputzen auf sowie ab dem 8. Versuchstag - wie bei Versuchsperson B ab dem zehnten Tag - eine exfoliatio areata linguae auf, die bis zwei Wochen nach dem Ende des Ernährungsversuchs in wechselndem Ausmaß und Ausdehnung zu beobachten war.

Die Vitamintablette verursachte, wie Versuchsperson D angab, gelegentlich etwa eine Stunde nach der Einnahme Aufstoßen.

Versuchsperson E hatte mit 1,6 kg in sechs Wochen den geringsten Gewichtsverlust. Er nahm mit durchschnittlich 12524 kJ (2992 kcal) pro Tag auch die meiste Nahrung auf.

Einer Abnahme von 1,9 kg in den ersten beiden Wochen folgte eine Gewichtsreduktion von 0,6 kg, worauf eine Zunahme von 0,9 kg in den letzten beiden Wochen folgte.
Das Gewichtsdiagramm von Versuchsperson E zeigt die größten Schwankungen aller Probanden (Abb. 5).

Versuchsperson E klagte gelegentlich über Magenschmerzen und Übelkeit nach der Nahrungsaufnahme, vor allem zu Beginn des Ernährungsversuches, als ihn der Verzehr der Formeldiät Überwindung kostete.
Gegen Mitte und Ende des Versuchs traten gelegentlich Blähungen auf sowie am 14. Versuchstag krampfartige Schmerzen im Bauch.

In den ersten beiden Wochen registrierte Versuchsperson E spröde Lippen und mangelndes Durstgefühl.

Die durchschnittliche Nahrungsaufnahme der einzigen weiblichen Versuchsperson, F, wurde gegenüber dem errechneten Energiebedarf entsprechend dem Ernährungsprotokoll aus der Vorperiode um 19,8 % erhöht. Sie blieb mit einer Gewichtsabnahme von 1,9 kg unter dem Durchschnitt.

1,2 kg des Gewichtsverlustes entfielen auf die ersten beiden Wochen. Versuchsperson F nahm in der 2. Periode nur 0,1 kg ab, in den letzten beiden Wochen mit der Formeldiät II dagegen trotz einer geringfügig höheren Energiezufuhr 0,6 kg.

Zu Beginn des Versuchs gab sie ein vermehrtes Schlafbedürfnis und ein starkes Hungergefühl an. Ab der zweiten Woche traten Einschlafstörungen auf, ab der vierten Woche gab Versuchsperson F morgendliche Schwindelanfälle an.

II. Wasser- und Elektrolytbilanzen

Das Wasser hat als Strukturelement, für den Turgor der Zellen, als Lösungs- und Transportmittel, als Dielektrikum und als Mittel zur Regulation des Wärmehaushalts im Organismus große Bedeutung. Der gesamte Wasserbedarf des Körpers wird auf 150 ml pro 418 metabolisierter kJ (100 kcal) geschätzt (15).Dieser Bedarf wird gedeckt durch das sog. praeformierte Wasser (16), in der Nahrung enthaltenes Wasser, durch Oxydationswasser - jedes Gramm Kohlenhydrat ergibt 0,6 ml, 1 g Protein ergibt bei Abbau bis zum Harnstoff 0,4 ml, 1 g Fett 1,0 ml Oxydationswasser - und durch zugeführte Flüssigkeit.

Für die Formeldiät ergeben sich bei 12500 kJ (3000 kcal) demnach 400 ml Oxydationswasser.
Die Flüssigkeitsausscheidung wird hauptsächlich über die Niere geregelt.
Der tägliche Wasserverlust über Haut und Lungen beträgt etwa 850 ml (54), mit dem Stuhl werden etwa 100 ml/Tag ausgeschieden.

Im Ernährungsversuch wurden bilanzmäßig erfaßt:
- die Menge des getrunkenen Wassers und Mineralwassers
- die zum Mischen der Formeldiät benötigte Wassermenge
- das 24-Stunden-Harnvolumen.

Der Bedarf an Mineralstoffen wird in der normalen Nahrung um ein vielfaches überschritten.
Ausgeschieden werden die Elektrolyte zum größten Teil im Urin. Im Stuhl werden ca. 10 - 15 mg Natrium und 50 - 60 mg Kalium pro Tag (6) abgegeben. Auch Transsudate und Schweiß enthalten geringe Mengen an Mineralsalzen.

Diese werden durch Einflüsse wie Außentemperatur und körperliche Arbeit sowie durch pathologische Zustände wie Fieber und Durchfälle verursacht (35).

Im Ernährungsversuch wurden bilanzmäßig erfaßt:

- die in der Formeldiät zugemischte Menge von 5,0 g NaCl und 3,0 g KCl je 12500 kJ (3000 kcal), entsprechend 1,97 g Na^+ und 1,57 g K^+ Ionen,
- die Natrium- und Kaliummenge des getrunkenen Wassers und Mineralwassers sowie des zur Breimischung verwendeten Wassers
- die Konzentration und Mengen von Natrium und Kalium im Urin.

Die mit der Diät aufgenommene Menge Natrium und Kalium ist aus der Zusammensetzung und der aufgenommenen Tagesration der Formeldiät bekannt.
Das Münchner Wasser enthält 1,8 - 2,5 mg Natrium und 0,8 - 1,2 mg Kalium je Liter (34). Das ergibt bei einem durchschnittlichen Tageskonsum von 1,5 l Trinkwasser und 0,5 l zum Anmischen der Formeldiät eine zusätzliche Eletrolytaufnahme von 4,5 mg Natrium und 2,0 mg Kalium.

Im verwendeten Mineralwasser "Überkinger" sind 1180 mg/Liter Na^+ und 21,5 mg/Liter K^+ Ionen enthalten (21).

Die mit dem Trinkwasser aufgenommenen Natrium- und Kaliummengen sowie das Kalium des Mineralwassers fallen gegenüber dem in der Formeldiät enthaltenen Anteil nicht ins Gewicht. Dagegen muß der Natriumgehalt des Mineralwassers berücksichtigt werden, da in 1,7 l "Überkinger"

soviel Natrium enthalten ist wie in einer Tagesration von 12500 kJ (3000 kcal) Formeldiät.

Die gesamte tägliche Natrium- und Kaliumaufnahme der Versuchspersonen A - F sowie die flammenphotometrisch bestimmten Mengen dieser Elektrolyte im 24-Stunden-Sammelurin sind in den Tabellen 15 - 20 verzeichnet.

D Diskussion

I. Energiebilanzen

Obwohl vor Versuchsbeginn von den Versuchspersonen ein Ernährungsprotokoll über 10 Tage aufgezeichnet und ausgewertet wurde, konnte das Körpergewicht der Versuchspersonen mit der Formeldiätmenge von entsprechendem Energiegehalt nicht konstant gehalten werden.

Vergleicht man anhand der Ernährungsprotokolle die zugeführte Nahrungsenergie vor und nach dem Formeldiät-Versuch, so fällt eine durchschnittliche Steigerung um 27,5 % auf (Tab. 5 und 6). Die relative Zusammensetzung aus Fett, Protein und Kohlenhydraten dagegen hat sich nur geringfügig geändert. Auch die Trinkgewohnheiten wurden außer bei zwei Versuchspersonen beibehalten.

Die Steigerung der Nahrungsaufnahme kann mehrere Gründe haben. Zum einen bestand nach dem Ernährungsversuch ein gewisses Nachholbedürfnis bei den Versuchspersonen, andererseits wurde das erste Protokoll während der Semesterdauer aufgenommen, das zweite Ernährungsprotokoll aber während der vorlesungsfreien Zeit, in der ein Teil der Versuchspersonen in die elterliche Wohnung zurückgekehrt war. Drittens könnte auch die Protokollführung bei den Versuchspersonen genauer geworden sein.

Um den Gewichtsverlust in Grenzen zu halten, mußte die Energieaufnahme während des Ernährungsversuches um durchschnittlich 10,9 % gegenüber den vor Versuchsbeginn errechneten Werten erhöht werden. Während der sechs Wochen

des Formeldiätversuchs ergaben sich Gewichtsabnahmen von 1,6 - 3,9 kg, wovon allerdings mit 0,9 - 1,6 kg 48 % auf die ersten fünf Tage entfielen, an denen es durch die geringere Kochsalzzufuhr zu Flüssigkeitsverlusten kam.
Am größten war die Gewichtsänderung bei Versuchsperson C, der bei einem Anfangsgewicht von 59,2 kg trotz einer durchschnittlichen Energieaufnahme von täglich 12331 kJ (2946 kcal) 3,9 kg abnahm.
Versuchsperson A nahm bei einer durchschnittlichen Energiezufuhr von 8016 kJ (1915 kcal) und einem Ausgangsgewicht von 68,0 kg 3,8 kg ab.

Bei einem Vergleich dieser Werte mit den Ergebnissen, die Ahrens et al. (3) nach Formeldiät-Versuchen mit über 100 Versuchspersonen veröffentlichten, zeigt sich, daß die Versuchspersonen A und C nicht in dem errechneten Toleranzbereich liegen (Abb. 13, Teil A). Ahrens ermittelte einen Energiebedarf von 150 $\pm$ 16,4 kJ (35,8 $\pm$ 3,9 kcal) pro kg Körpergewicht bei Männern und 151 $\pm$ 20,3 kJ (36,2 $\pm$ 4,8 kcal) pro kg Körpergewicht bei Frauen für eine ausgeglichene Bilanz.
Versuchsperson A nahm nur knapp 80 % der ihm nach diesen Ergebnissen zustehenden Energiemengen zu sich; sein Gewicht reduzierte sich entsprechend in den sechs Wochen um 3,8 kg. Versuchsperson C hingegen überschritt mit einer täglichen Aufnahme von 208 kJ/kg (49,7 kcal/kg) sein Soll um fast 40 % und nahm dennoch 3,9 kg ab, ohne größere physische Leistungen zu erbringen als die anderen Versuchspersonen.

Auch bei einem Bezug des Energiebedarfs auf die Körperoberfläche (Abb. 13, Teil B) liegen die Versuchspersonen A und C nicht in dem von Ahrens mit 5820 $\pm$ 515 kJ (1390 $\pm$

123 kcal) pro m^2 bei Männern bzw. 5270 ± 400 kJ (1260 ± 123 kcal) pro m^2 bei Frauen angegebenen Streubereich. Bestimmt man die Körperoberfläche aus Größe und Gewicht nach dem Nomogramm von DuBois (10 / 20) und setzt sie in Relation zur Nahrungsmenge, zeigt sich, daß Versuchsperson A 24 % weniger, C hingegen 25 % mehr Energie aufnahm als nach diesen Werten zu erwarten gewesen wäre.

Die Versuchspersonen B, D, E und F blieben, wie aus Tabelle 21 und Abb. 13 hervorgeht, in diesem Streubereich. Die verschiedenen Formeldiäten waren geschmacklich kaum zu unterscheiden, lediglich Formeldiät II hinterließ wegen ihres hohen Anteils an gesättigten Fettsäuren nach den Mahlzeiten einen unangenehmen Belag auf der Gaumen- und Wangenschleimhaut.

Die Formeldiäten hatten alle den gleichen physiologischen Brennwert. Dennoch nahmen alle Versuchspersonen außer E trotz zum Teil erhöhter Energiemenge während der zwei Wochen der Formeldiät II mehr ab als bei den anderen Diäten. Versuchsperson E nahm während der Formeldiät II sogar zu, obwohl er diese in den letzten beiden Wochen des Ernährungsversuches zu sich nahm, in denen die übrigen Versuchspersonen außer B unabhängig von der aufgenommenen Formeldiät einen höheren Gewichtsverlust hatten als in den Wochen zuvor. Die Zusatzportionen, die Versuchsperson C zweimal, Versuchsperson D einmal zu ihren täglichen Energiemengen gegeben wurden, wirkten sich umgehend in einer zwei bis drei Tage andauernden Erhöhung des Gewichts aus.

II. Elektrolytbilanzen

Aus den Elektrolytbilanzen (Tabelle 15 - 20, Abb. 7 - 12) erkennt man deutlich, wie die Menge des ausgeschiedenen Natriums von den hohen Werten der Vorperiode auf einen niedrigen Wert absinkt, der in etwa der Aufnahme entspricht. Die Menge fällt von den 3 - 9 g Natrium, die vor Versuchsbeginn täglich im Urin ausgeschieden wurden, bereits am ersten Versuchstag stark ab und hat am zweiten Tag den Durchschnittswert der restlichen 40 Tage von 1,5 - 3 g erreicht. Am dritten bis fünften Versuchstag sinkt die Natriumausscheidung im Urin noch weiter ab und erhöht sich gegen Ende der ersten Woche wieder auf Werte, die der durchschnittlichen täglichen Natriumaufnahme entsprechen.

Auffallend ist, daß alle Versuchspersonen am 23. bis 25. Tag erheblich mehr Natrium im Urin ausscheiden als auf Grund der Elektrolytaufnahme zu erwarten gewesen wäre. Auch an zwei bis drei weiteren, bei jeder Versuchsperson verschiedenen Tagen wurden erhöhte Natriummengen im 24-Stunden-Urin gemessen. Diesen Tagen folgen meist ein bis zwei Tage mit geringerer Natriumausscheidung. Die ausgeschiedene Natriummenge hängt jedoch nicht nur von der aufgenommenen Dosis des Elektrolyts ab. Lee (32 / 13) berichtete, daß einige Prostaglandine, insbesondere PG E (48) eine erhöhte Salz- und Wasserausscheidung induzieren.

Die Prostaglandine, biologisch hochaktive Verbindungen mit 20 Kohlenstoffatomen und einem Zyklopentanring, entstehen aus ungesättigten Fettsäuren (9 / 19), wobei den größten Einfluß auf die endogene PG-Synthese die Linolsäure hat (26 / 47).

Die physiologische Auswirkung dieser gesteigerten Prostaglandin-E-Synthese besteht in einer Stimulation des Natriumtransportes an biologischen Membranen und einer Hemmung der ADH-Wirkung am distalen Tubulus und ist neben einem Absinken des Blutdrucks durch renale Salz- und Wasserverluste gekennzeichnet (48 / 54).

Es wurde deshalb eine Einteilung der Natriumbilanz nach dem Linolsäuregehalt der drei Formeldiätmischungen vorgenommen. Formeldiät VII hatte mit einem Linolsäuregehalt von 14,2 % den höchsten Anteil (Tabelle 22).
Die Tabelle 23 zeigt die Natriumbilanzen - Gesamtaufnahme minus Gesamtausscheidung - je Versuchsperson für jede Formeldiät. Bei den Versuchspersonen A, B, E und F zeigt sich eine Übereinstimmung mit den Feststellungen von Lee (32). Anhand der graphischen Aufstellung in Abb. 14 der während einer Versuchsperiode in toto aufgenommenen und ausgeschiedenen Natriummengen erkennt man deutlich eine Abhängigkeit der Differenzen von der Art der Fettgemische. Bei Formeldiät V mit nur 2,5 Joule (Kalorien) % Linolsäuregehalt ergibt sich für die Versuchspersonen B, E und F eine positive, für Versuchsperson A eine geringfügig negative Bilanz.
Die Gesamtdifferenzen während der Perioden mit den Formeldiäten II und VII sind bei diesen Versuchspersonen erheblich negativer als während der zwei Wochen mit der Formeldiät V.
Die Formeldiät II enthält 5,2 Joule (Kalorien) %, die Formeldiät VII 14,2 Joule (Kalorien) % Linolsäure, ein Prozentsatz, mit dem auch Triebe et al. (45) bei Tierversuchen arbeiteten.
Für die Versuchspersonen C und D ergab sich keine Übereinstimmung mit den Ergebnissen von Lee. Hier folgte auf eine

Natriumretention während der Aufnahme der Formeldiät II eine vermehrte Ausscheidung während der Formeldiät V, worauf während der Formeldiät VII wieder eine geringere Natriummenge im Urin gemessen wurde.
Bei Versuchsperson C lag zwar die Natriumausscheidung während der ersten fünf Tage mit der linolsäurereichen Formeldiät VII wesentlich über der Aufnahme, über die ganze Periode mit dieser Diät gesehen ergibt sich jedoch eine positive Bilanz. Die Versuchspersonen C und D nahmen allerdings die Formeldiät VII in den letzten beiden Wochen des Ernährungsversuchs ein. Sie ernährten sich zu diesem Zeitpunkt bereits vier Wochen von einer mit 5 - 5 g NaCl/Tag nach Jahnecke (28) kochsalzarmen Diät. Damit war eine chronisch hohe Zufuhr von Natrium, die neben einem hohen Linolsäuregehalt eine verstärkte Prostaglandin-Syntheserate induziert (42), nicht mehr gegeben.

Bei den Kaliumbilanzen sind die Differenzen zwischen Aufnahme und Ausscheidung wesentlich geringer als bei den Natriumbilanzen. Etwa vier Tage nach Versuchsbeginn hat sich ein neues Kaliumgleichgewicht eingestellt. Die tägliche Aufnahme dieses Elektrolyts war während des Ernährungsversuchs nur geringen Schwankungen unterworfen. Sie hing im wesentlichen nur von der zugeführten Formeldiätmenge ab, da der Kaliumgehalt des Wassers und Mineralwassers mit 1,0 bzw. 21,5 mg/Liter (34 / 21) die mit der Formeldiät aufgenommene Menge dieses Minerals kaum erhöhte.
Der Kaliumgehalt des 24-Stunden-Urins liegt während des Ernährungsversuches bei den Versuchspersonen B, C und E meist deutlich unter der aufgenommenen Menge, bei den Versuchspersonen A, D und F liegen die Werte besonders in der zweiten und dritten Versuchsperiode zum Teil für längere Zeit

über der mit der Formeldiät aufgenommenen Menge. Dies mag darauf zurückzuführen sein, daß die Niere nicht alles abfiltrierte Kalium wieder zurückzuresorbieren vermag (6), also selbst bei Kaliummangel noch erhebliche Kaliummengen im Urin ausgeschieden werden (6). Bei Natriummangel dagegen kann die renale Natriumausscheidung innerhalb von 4 - 5 Tagen auf nicht mehr meßbare Werte eingeschränkt werden (36).
Ein Einfluß der verschiedenen Formeldiäten und damit des Linolsäuregehalts der zugeführten Nahrung auf die Kaliumausscheidung im Urin ist nicht zu erkennen.
Beim Übergang zur Gemischtkost steigt die Kaliumausscheidung erst am zweiten bis dritten Tag wieder meßbar an. Bei den Versuchspersonen C und D kommt es sogar zuerst noch zu einer geringen Abnahme der Kaliummenge im Sammelurin.

E Zusammenfassung

An dem 43-tägigen Ernährungsversuch nahmen sechs junge, gesunde Versuchspersonen teil. Die Verträglichkeit der drei Formeldiäten war gut, gesundheitliche Schäden wurden nicht beobachtet.
Unter der Formeldiätzufuhr kam es zu Gewichtsabnahmen von 1,6 - 3,9 kg. 48 % davon traten in den ersten fünf Tagen infolge der verminderten Natriumzufuhr als Flüssigkeitsverluste auf.
Eine Korrelation zwischen Energieaufnahme und Abnahme des Körpergewichts fand sich bei allen Versuchspersonen außer bei Versuchsperson C. Sie nahm bei einer, auf die Körperoberfläche und das Körpergewicht bezogen, überkalorischen Ernährung während des Formeldiätversuches 3,9 kg an Körpergewicht ab.

Trotz gleichen Energiegehalts und prozentualer Zusammensetzung aus Protein, Fett und Kohlenhydraten der drei Formeldiäten hatten fünf Versuchspersonen während der Zufuhr der Formeldiät II mit einem P/S Quotienten von 0,3 größere Gewichtsverluste als bei den anderen Formeldiäten.

Die Natriumausscheidung im Urin stellt sich innerhalb von zwei Tagen auf die reduzierte Aufnahme ein. Die Ausbildung eines neuen Kaliumgleichgewichtes benötigt etwa vier Tage.
Durch eine erhöhte Linolsäurezufuhr ließ sich bei vier Versuchspersonen eine erhöhte Natriumausscheidung beobachten. Bei zwei Versuchspersonen dagegen war die Natriumbilanz positiv.
Ein Einfluß der Linolsäurezufuhr auf die Kaliumausscheidung war nicht festzustellen.

Tabelle 1 : Persönliche Daten der sechs Versuchspersonen (A bis F), die am Ernährungsversuch vom 11.2. bis 24.3.1976 teilnahmen

Versuchsperson	Geschlecht	Alter (Jahre)	Größe (cm)	Gewicht (kg)
A	männlich	25	172	68,0
B	männlich	23	182	70,0
C	männlich	23	174	59,2
D	männlich	23	187	90,0
E	männlich	26	184	80,0
F	weiblich	23	160	50,7

Tabelle 2: Zusammensetzung der Formeldiät

		Anteil bei 12500 kJ (3000 kcal) in g	% der Energiemenge (kJ) (kcal)
Protein	Hyperprotidine	122,3	15
Kohlenhydrate	Maltodextrin	476,2	60
Fett	Gemisch II, V und VII	83,3	25
NaCl		5,0	
KCl		3,0	
Cholesterin		0,500	
		bzw. 0,600	
H_2O		500	

Tabelle 3: Zusammensetzung der verwendeten Fettgemische

		Formeldiät II	Formeldiät V	Formeldiät VII
Zusammensetzung für 12500 kJ	Distel-öl	20,82 g	5,55 g	59,5 g
(3000 kcal) = 83,3 g	Uni-lever	62,46 g	22,21 g	23,8 g
	Oliven-öl		55,53 g	
P/S Quotient		0,309	0,318	1,838
Fettsäuren in Formeldiäten				
gesättigt		67,71 %	31,67 %	31,0 %
einfach ungesättigt		11,29 %	57,57 %	11,98 %
mehrfach ungesättigt		20,93 %	10,08 %	56,99 %

Tabelle 4: Zeitplan für den Formeldiätversuch vom 11.2. bis 24.3.1976

Versuchstag:	1. bis 14.	15. bis 28.	29. bis 42.	43.
Versuchsperson	Formeldiät	Formeldiät	Formeldiät	Formeldiät
A B	VII	II	V	VII
C D	II	V	VII	II
E F	V	VII	II	V

Tabelle 5: Energiegehalt und Zusammensetzung der von den Versuchspersonen A bis F vor Versuchsbeginn zugeführten Nahrung. Die Werte wurden anhand eines Ernährungsprotokolls über 8 Tage ermittelt.

Versuchsperson	Fett (%)	Kohlenhydrate (%)	Protein (%)	Alkohol (%)	Energiemenge (kJ/Tag)	(kcal/Tag)
A	44	34	14	8	6700	1600
B	40	43	12	5	11090	2650
C	38	47	13	2	11050	2640
D	40	38	16	6	10130	2420
E	46	32	14	8	11510	2750
F	34	45	15	6	7700	1840
Mittelwert	40	40	14	6	9690	2320

Tabelle 6: Energiegehalt und Zusammensetzung der von den Versuchspersonen A bis F nach Versuchsende zugeführten Nahrung. Die Werte wurden anhand eines Ernährungsprotokolls über 8 Tage ermittelt.

Versuchsperson	Fett (%)	Kohlenhydrate (%)	Protein (%)	Alkohol (%)	Energiemenge (kJ/Tag)	(kcal/Tag)	Steigerung zu Tab. 5 (%)
A	45	37	14	4	10339	2470	54
B	33	49	12	6	13520	3230	22
C	40	46	12	2	15697	3750	42
D	40	40	13	7	12892	3080	27
E	43	36	13	8	11888	2840	3
F	42	40	16	2	9041	2160	17
Mittelwert	41	41	13	5	12230	2920	27,5

Tabelle 7: Anpassung der Formeldiätmenge

Versuchsperson	Anhand der Ernährungsprotokolle vor Versuchsbeginn errechneter Energiebedarf		Mit Formeldiät zugeführte Energiemenge in den ersten 5 Tagen des Ernährungsversuchs		Mit Formeldiät zugeführte Energiemenge vom 1. bis 42. Tag		Durchschnittliche Steigerung gegenüber dem Ausgangswert
	(kJ)	(kcal)	(kJ)	(kcal)	(kJ)	(kcal)	(%)
A	6700	1600	7137	1705	8016	1915	12,3
B	11090	2650	10297	2460	10833	2588	5,2
C	11050	2640	11302	2700	12331	2946	9,1
D	10130	2420	11051	2640	12440	2972	12,6
E	11510	2750	11762	2810	12524	2992	6,5
F	7700	1840	6530	1560	7823	1869	19,8

Tabelle 8: Gewichtsänderung und durchschnittliche tägliche Energiezufuhr während des 1. bis 15. Tages des Ernährungsversuchs vom 11.2. bis 24.3.1976

Versuchsperson	Fettgemisch	Gewichtsänderung 1.-5. Tag	5.-15. Tag	1.-15. Tag	wahrscheinlicher Verlust an Körpersubstanz vom 1. bis 15. Tag	durchschnittliche Nahrungsaufnahme 1.-15. Tag	
		(kg)	(kg)	(kg)		(kJ)	(kcal)
A	VII	-1,6	-0,4	-2,0	-0,6	7183	1716
B	VII	-1,1	-0,1	-1,2	-0,1	10406	2486
C	II	-1,4	-1,0	-2,4	-1,5	11595	2770
D	II	-1,3	-0,9	-2,2	-1,4	10959	2618
E	V	-1,2	-0,7	-1,9	-1,1	12080	2886
F	V	-0,9	-0,3	-1,2	-0,5	6894	1647

Tabelle 9: Gewichtsänderung und durchschnittliche tägliche Energiezufuhr während des 15. bis 29. Tages des Ernährungsversuchs vom 11.2. bis 24.3.1976

Versuchs-person	Fett-gemisch	Änderung des Körpergewichts 15.-29. Tag	Energieaufnahme mit Formeldiät 15.-29. Tag	
		(kg)	(kJ)	(kcal)
A	II	- 1,3	7380	1763
B	II	- 1,1	11097	2651
C	V	- 0,5	12541	2996
D	V	± 0	13177	3148
E	VII	- 0,6	12512	2989
F	VII	- 0,1	8275	1977

Tabelle 10: Gewichtsänderung und durchschnittliche tägliche Energiezufuhr während des 29. bis 43. Tages des Ernährungsversuchs vom 11.2. bis 24.3.1976

Versuchs-person	Fett-gemisch	Änderung des Körpergewichts 29.-43. Tag	Energieaufnahme mit Formeldiät 29.-43. Tag	
		(kg)	(kJ)	(kcal)
A	V	- 0,5	9485	2266
B	V	+ 0,2	11076	2645
C	VII	- 1,0	12859	3072
D	VII	- 0,3	13190	3151
E	II	+ 0,9	12980	3101
F	II	- 0,6	8305	1984

Tabelle 11: Gewichtsänderung und durchschnittliche tägliche Energiezufuhr während des 1. bis 43. Tages des Ernährungsversuchs vom 11.2. bis 24.3.1976

Versuchsperson	Gewichtsänderung	wahrscheinlicher Verlust von Körpersubstanz vom 1. - 43. Tag	durchschnittliche Energiezufuhr vom 1. - 43. Tag	
	(kg)	(kg)	(kJ)	(kcal)
A	- 3,8	- 2,4	8016	1915
B	- 2,1	- 1,0	10833	2588
C	- 3,9	- 3,0	12331	2946
D	- 2,5	- 1,7	12440	2972
E	- 1,6	- 0,8	12524	2992
F	- 1,9	- 1,2	7823	1869

Tabelle 12: Durchschnittliche Zufuhr an Glucose (dextro^{R}-med) bei den Versuchspersonen (A - F) und die dadurch bedingte Erhöhung des Kohlenhydratanteils

Versuchsperson	zusätzliche Glucosezufuhr pro Tag	anteilsmäßige Kohlenhydratzufuhr	Durch zusätzliche Glucosezufuhr bedingte Erhöhung des Kohlenhydratanteils, bezogen auf den Kohlenhydratanteil der Formeldiät
	(g)	(%)	(%)
A	59	65,0	5,0
B	44	63,5	3,5
C	46	62,5	2,5
D	53	62,9	2,9
E	60	63,3	3,3
F	2	60,1	0,1

Tabelle 13: Gewichtsverlauf der Versuchspersonen (A bis F) bei dem Ernährungsversuch vom 11.2. bis 24.3.1976

Versuchstag	Versuchspersonen A (kg)	B (kg)	C (kg)	D (kg)	E (kg)	F (kg)
- 2.	68,2	69,5	59,2	89,9	80,0	51,7
- 1.	68,4	70,0	59,2	90,0	80,5	51,7

1.	68,0	70,0	59,2	90,0	80,0	50,7
2.	66,4	69,4	58,5	89,5	78,2	50,1
3.	66,2	69,0	58,0	89,3	77,8	50,2
4.						
5.						
6.	66,4	68,9	57,8	88,7	78,8	49,8
7.	66,4	68,9	57,7	88,6	79,2	50,2
8.	66,2	68,9	57,7	88,8	80,1	50,0
9.	66,3	68,9	57,8	88,4	78,9	50,0
10.	65,7	68,9	57,7	88,5	79,0	50,0
11.						
12.						
13.	66,1	68,7	57,2	88,1	78,7	49,4
14.	66,1	68,9	57,0	88,2	78,7	49,8

15.	66,0	68,8	56,8	87,8	78,1	49,5
16.	65,7	68,3	56,8	87,7	78,6	49,6
17.	65,6	68,3	57,2	88,1	78,6	49,9
18.						
19.						
20.	65,4	68,4	56,2	88,8	78,6	49,6
21.	65,5	68,4	56,2	88,4	77,8	49,5

Tabelle 13: Fortsetzung

Versuchstag	Versuchspersonen A (kg)	B (kg)	C (kg)	D (kg)	E (kg)	F (kg)
22.	64,7	68,4	56,5	88,4	77,7	49,5
23.	64,9	68,2	56,6	87,8	77,7	49,4
24.	64,8	67,9	56,3	87,9	78,0	49,6
25.						
26.						
27.	64,7	68,0	56,3	87,5	77,8	49,5
28.	64,7	67,7	56,2	87,6	78,0	49,4

29.	64,7	67,7	56,3	87,8	77,5	49,4
30.	64,2	67,8	56,2	87,6	78,0	49,5
31.	64,2	67,8	56,0	87,6	78,0	49,3
32.						49,4
33.						
34.	64,4	67,7	55,8	87,5	77,9	49,3
35.	64,1	67,7	56,0	87,5	78,2	49,2
36.	64,3	67,8	56,1	87,7	77,7	49,1
37.	64,1	67,8	56,1	88,0	79,0	49,5
38.	64,2	67,8	56,2	87,8	79,0	49,0
39.						
40.						
41.	64,2	67,8	55,3	87,0	78,7	49,1
42.	64,2	67,9	55,4	87,4	78,6	49,2
43.	64,2	67,9	55,3	87,5	78,4	48,8
44.	65,2	69,0	57,4	89,5	79,5	49,4
45.	65,4	70,0	57,2	89,7	80,1	49,6

76.	67,0	71,2	61,7	92,4	81,7	49,8
78.	66,8	72,0	61,1	91,8	82,0	49,7

Tabelle 14: Energieaufnahme der Versuchspersonen (A bis F) beim Ernährungsversuch vom 11.2. bis 24.3.1976

Versuchstag	Versuchspersonen A (kJ)	A (kcal)	B (kJ)	B (kcal)	C (kJ)	C (kcal)
1.	7137	1705	8757	2092	10912	2607
2.	7137	1705	9305	2223	11339	2709
3.	7392	1766	10393	2483	11339	2709
4.	5898	1409	10653	2545	11771	2812
5.	5441	1300	10310	2463	11771	2812
6.	7652	1828	10138	2422	11771	2812
7.	7137	1705	9967	2381	11771	2812
8.	8288	1980	10674	2550	12093	2889
9.	8435	2015	10774	2574	11030	2635
10.	7886	1884	10975	2622	11030	2635
11.	7087	1693	10649	2544	12047	2878
12.	7049	1684	10954	2617	12139	2900
13.	7179	1715	10992	2626	12503	2987
14.	6869	1641	11155	2665	10829	2587
15.	8142	1954	11444	2734	12935	3090
16.	7740	1849	10720	2561	12210	2917
17.	7292	1742	10582	2528	11771	2812
18.	5412	1293	11674	2789	11641	2787
19.	5035	1203	1082	2585	12683	3030
20.	7015	1676	11628	2778	15082	3603
21.	5630	1345	10921	2609	13771	3290
22.	7957	1901	10791	2578	12863	3073
23.	8414	2010	10758	2570	12683	3030

Tabelle 14: Fortsetzung

Versuchstag	Versuchspersonen D (kJ)	D (kcal)	E (kJ)	E (kcal)	F (kJ)	F (kcal)
1.	9330	2229	11762	2810	4018	960
2.	11034	2636	12398	2962	6718	1605
3.	11034	2636	12398	2962	6546	1564
4.	11034	2636	12398	2962	6546	1564
5.	11034	2636	12398	2962	6546	1564
6.	11034	2636	12398	2962	6546	1564
7.	11034	2636	12398	2962	6546	1564
8.	11122	2657	13273	3171	7438	1777
9.	11699	2795	10741	2566	7438	1777
10.	9728	2324	12888	3079	7384	1764
11.	11348	2711	12888	3079	8518	2035
12.	11658	2785	8359	1997	5785	1382
13.	11348	2711	13089	3127	8656	2068
14.	11021	2633	11762	2810	7857	1877

15.	12374	2956	12708	3036	8966	2142
16.	12918	8086	12738	2957	8966	2142
17.	12717	3038	11599	2771	7803	1864
18.	13160	3144	13307	3179	7803	1864
19.	16308	3896	13252	3166	6718	1606
20.	12763	3049	13018	3110	8623	2060
21.	12763	3049	13018	3110	8644	2065
22.	13089	3127	13382	3197	8786	2099
23.	12964	3079	13018	3110	8384	2003

Tabelle 14: Fortsetzung

Versuchs-tag	Versuchspersonen A (kJ)	A (kcal)	B (kJ)	B (kcal)	C (kJ)	C (kcal
24.	8309	1985	10448	2496	10737	2565
25.	7086	1693	11231	2683	11779	2814
26.	8740	2088	10845	2591	12181	2910
27.	8158	1949	11990	2721	12382	2958
28.	8342	1993	10883	2600	12855	3071

29.	8543	2041	10791	2578	12436	2971
30.	9908	2367	10657	2546	12997	3105
31.	9523	2275	11666	2787	13345	3188
32.	8598	2054	12047	2878	12872	3075
33.	9251	2219	11758	2809	13127	3136
34.	9904	2366	12319	2943	12516	2990
35.	10490	2506	11938	2582	13943	3331
36.	8887	2123	11976	2861	13943	3331
37.	12072	2884	12775	3952	12997	3105
38.	10381	2480	12101	2891	12688	3031
39.	10285	2457	12432	2970	12872	3075
40.	8104	1936	11775	2813	12872	3075
41.	9653	2306	11666	2787	12692	3032
42.	7212	1723	11704	2796	10762	2571

Tabelle 14: Fortsetzung

Versuchstag	Versuchspersonen D (kJ)	D (kcal)	E (kJ)	E (kcal)	F (kJ)	F (kcal)
24.	13089	3127	13018	3110	8384	2003
25.	13236	3162	12051	2879	8644	2099
26.	13089	3127	10816	2584	7585	1812
27.	12980	3101	13018	3110	8514	2034
28.	13160	3144	10523	2514	7895	1886

29.	13089	3127	13052	3118	8514	2034
30.	13307	3179	13165	3145	7911	1890
31.	13307	3179	13052	3118	9368	2238
32.	13236	3162	13052	3118	8912	2129
33.	13236	3162	12855	3071	8075	1929
34.	13089	3127	12855	3071	8075	1929
35.	13236	3162	12997	3105	7715	1843
36.	13382	3197	12926	3088	9879	2360
37.	13236	3162	13052	3118	7242	1730
38.	13089	3127	13052	3118	8075	1929
39.	13382	3197	13052	3118	8984	2003
40.	13382	3197	13052	3118	8075	1929
41.	13236	3162	13127	3136	8984	2003
42.	12470	2979	12491	2984	7715	1843

Tabelle 15: Natrium- und Kaliumbilanzen Versuchsperson A

Versuchstag	Mineralwasseraufnahme (l)	Gesamt-Natriumaufnahme (g)	Gesamt-Kaliumaufnahme (g)	Natriumausscheidung im Urin (g)	Kaliumausscheidung im Urin (g)
- 3				5,92	1,55
- 2				2,96	0,57
- 1				6,32	1,57
1	-	1,07	0,84	3,62	1,51
2	0,2	1,29	0,84	1,50	1,27
3	-	1,07	0,84	0,80	1,04
4	0,2	1,06	0,66	1,72	0,82
5	-	0,77	0,59	0,59	0,93
6	-	1,07	0,84	0,92	1,10
7	-	1,07	0,84	1,08	0,99
8	-	1,17	0,92	0,87	0,86
9	-	1,19	0,95	1,30	0,98
10	0,2	1,29	0,84	1,89	1,33
11	-	0,97	0,77	0,67	0,63
12	0,2	1,20	0,77	0,95	0,65
13	-	0,99	0,78	1,34	0,96
14	-	0,94	0,75	2,24	1,19
15	-	1,15	0,91	0,54	0,97
16	-	1,09	0,86	1,12	1,15
17	-	0,99	0,78	1,83	0,93
18	0,2	0,93	0,56	1,06	1,14
19	-	0,66	0,51	0,78	0,75
20	-	0,96	0,77	0,79	1,01
21	0,2	0,98	0,59	1,00	1,02

Tabelle 15: Fortsetzung

Versuchstag	Mineralwasseraufnahme (l)	Gesamt-Natriumaufnahme (g)	Gesamt-Kaliumaufnahme (g)	Natriumausscheidung im Urin (g)	Kaliumausscheidung im Urin (g)
22	-	1,11	0,88	1,63	1,02
23	-	1,19	0,94	2,14	1,12
24	0,2	1,32	0,86	0,89	0,91
25	-	0,99	0,77	2,10	1,01
26	0,2	1,46	0,98	2,63	1,07
27	-	0,96	0,91	1,61	0,94
28	-	1,17	0,93	1,70	1,07
29	-	1,20	0,96	2,27	1,20
30	0,2	1,61	1,10	2,14	1,20
31	-	1,36	1,08	1,85	0,94
32	-	1,17	0,93	1,12	0,78
33	-	1,31	1,05	1,36	0,82
34	-	1,42	1,13	1,88	1,13
35	0,2	1,70	1,17	1,60	0,58
36	-	1,26	1,00	1,65	0,96
37	-	1,71	1,37	1,42	0,76
38	0,2	1,69	1,16	2,00	1,39
39	-	1,52	1,21	1,64	0,97
40	-	1,09	0,90	0,93	1,00
41	-	1,39	1,10	1,32	0,97
42	0,3	1,34	0,79	1,69	0,80
43				3,73	1,34
44				4,17	1,05
45				6,42	1,29

Tabelle 16: Natrium- und Kaliumbilanzen Vkrsuchsperson B

Versuchs-tag	Mineral-wasser-aufnahme (1)	Gesamt-Natrium-aufnahme (g)	Gesamt-Kalium-aufnahme (g)	Natrium-ausscheidung im Urin (g)	Kalium-ausscheidung im Urin (g)
- 3				4,61	2,52
- 2				1,62	1,15
- 1				3,14	2,22
1	0,25	1,61	1,05	1,59	1,53
2	0,25	1,57	1,02	1,16	1,77
3	-	1,54	1,22	1,37	1,32
4	0,2	1,76	1,22	1,47	1,34
5	0,2	1,76	1,22	1,65	1,45
6	0,4	2,01	1,23	1,13	1,38
7	0,2	1,76	1,22	2,30	1,36
8	0,4	2,11	1,32	1,82	1,38
9	0,25	1,88	1,27	1,52	1,05
10	0,2	1,85	1,30	2,62	1,15
11	0,1	1,69	1,25	1,91	0,85
12	-	1,61	1,28	2,21	0,55
13	0,4	2,10	1,30	2,15	1,05
14	0,2	1,87	1,31	1,54	1,19
15	0,2	1,91	1,34	1,87	1,21
16	0,4	2,13	1,32	1,88	1,59
17	0,4	2,07	1,28	1,65	1,41
18	0,3	2,06	1,36	1,52	1,11
19	0,2	1,87	1,30	2,12	0,94
20	0,4	2,20	1,39	2,19	1,12
21	-	1,62	1,29	1,89	0,67

Tabelle 16: Fortsetzung

Versuchstag	Mineralwasseraufnahme (l)	Gesamt-Natriumaufnahme (l)	Gesamt-Kaliumaufnahme (g)	Natriumausscheidung im Urin (g)	Kaliumausscheidung im Urin (g)
22	-	1,60	1,27	2,13	0,93
23	-	1,59	1,26	2,46	1,08
24	0,2	1,77	1,23	2,81	1,54
25	0,25	1,95	1,33	2,06	1,03
26	0,4	2,07	1,28	1,41	0,74
27	0,2	1,91	1,33	1,77	1,01
28	-	1,61	1,28	1,61	1,03
29	0,2	1,83	1,27	1,96	1,05
30	-	1,60	1,27	1,82	0,90
31	0,3	2,09	1,38	2,28	1,14
32	0,4	2,26	1,43	2,57	1,05
33	0,2	1,98	1,39	1,67	0,62
34	0,2	2,07	1,46	2,77	1,13
35	0,2	2,00	1,42	1,80	0,94
36	0,4	2,25	1,42	1,60	0,93
37	0,2	2,14	1,52	1,61	0,73
38	0,4	2,27	1,43	1,95	1,25
39	0,2	2,08	1,47	1,80	0,86
40	0,2	1,98	1,40	1,71	0,75
41	0,2	1,97	1,38	2,04	0,96
42	-	1,74	1,38	1,14	0,81
43				1,43	1,12
44				2,41	1,36
45				4,35	0,81

Tabelle 17: Natrium- und Kaliumbilanzen Versuchsperson C

Versuchstag	Mineralwasseraufnahme (l)	Gesamt-Natriumaufnahme (g)	Gesamt-Kaliumaufnahme (g)	Natriumausscheidung im Urin (g)	Kaliumausscheidung im Urin (g)
- 3				5,26	2,32
- 2				1,77	0,75
- 1				2,49	2,16
1	1,0	2,93	1,39	2,09	1,85
2	0,7	2,57	1,39	1,79	2,30
3	0,9	2,80	1,40	3,04	2,28
4	0,45	2,27	1,39	1,03	0,80
5	0,7	2,57	1,39	0,77	0,71
6	0,25	2,03	1,38	0,75	1,06
7	0,4	2,22	1,39	1,59	1,08
8	0,5	2,47	1,49	1,34	0,75
9	0,5	2,27	1,34	1,83	0,69
10	1,0	2,85	1,35	1,65	0,56
11	0,3	2,19	1,47	2,34	0,56
12	-	1,85	1,47	2,21	0,60
13	0,8	2,84	1,53	2,65	0,82
14	0,2	1,87	1,31	1,51	0,91
15	0,3	2,28	1,53	1,62	0,93
16	0,2	2,04	1,44	1,30	0,83
17	0,2	1,97	1,38	2,98	0,94
18	-	1,78	1,41	2,06	0,86
19	0,3	2,24	1,50	3,67	0,98
20	-	2,26	1,80	2,36	0,94
21	0,3	2,41	1,63	0,96	0,84
22	0,2	2,15	1,52	1,37	1,20

Tabelle 17: Fortsetzung

Versuchstag	Mineralwasseraufnahme (l)	Gesamt-Natriumaufnahme (g)	Gesamt-Kaliumaufnahme (g)	Natriumausscheidung im Urin (g)	Kaliumausscheidung im Urin (g)
23	0,3	2,24	1,50	2,84	1,05
24	-	1,56	1,23	4,67	1,28
25	-	1,73	1,37	3,94	1,17
26	-	1,78	1,41	1,34	1,02
27	-	1,81	1,44	1,37	1,00
28	0,9	2,95	1,52	2,51	1,24
29	0,2	2,05	1,45	2,38	1,30
30	0,2	2,14	1,52	2,98	0,94
31	-	1,96	1,56	3,14	0,96
32	-	1,98	1,50	2,60	0,72
33	0,2	2,12	1,51	2,38	0,94
34	0,5	2,45	1,49	2,07	1,06
35	1,0	3,24	1,65	1,72	0,73
36	0,5	2,65	1,64	1,40	1,02
37	0,2	2,14	1,52	3,11	0,65
38	0,5	2,45	1,49	2,81	1,39
39	1,0	3,07	1,52	2,20	0,70
40	0,7	2,72	1,52	2,24	0,88
41	0,5	2,41	1,46	1,57	0,75
42	0,2	1,75	1,12	1,30	0,57
43				1,24	1,63
44				2,17	0,61
45				5,56	1,00

Tabelle 18: Natrium- und Kaliumbilanzen Versuchsperson D

Versuchstag	Mineralwasseraufnahme (l)	Gesamt-Natriumaufnahme (g)	Gesamt-Kaliumaufnahme (g)	Natriumausscheidung im Urin (g)	Kaliumausscheidung im Urin (g)
- 3				6,12	2,16
- 2				3,30	0,97
- 1				3,65	3,07
1	0,5	2,01	1,16	3,84	2,45
2	0,5	2,18	1,28	2,48	1,56
3	0,6	2,30	1,28	1,45	1,67
4	0,5	2,18	1,28	2,24	1,42
5	0,5	2,18	1,28	1,03	1,51
6	0,5	2,18	1,28	0,77	1,51
7	0,5	2,18	1,28	0,71	1,36
8	0,5	2,20	1,29	1,40	1,06
9	0,5	2,31	1,39	2,06	1,25
10	0,7	2,33	1,20	2,09	0,98
11	0,7	2,59	1,41	1,90	0,78
12	0,9	2,86	1,45	2,87	0,91
13	0,7	2,55	1,41	1,96	1,44
14	1,0	2,88	1,38	2,05	1,75
15	0,5	2,47	1,51	3,03	1,58
16	0,7	2,74	1,55	2,12	2,22
17	0,5	2,47	1,51	1,75	1,52
18	0,4	2,40	1,55	2,48	1,81
19	0,5	3,01	1,95	2,48	1,72
20	0,4	2,34	1,49	3,38	1,92
21	0,4	2,34	1,49	2,46	1,45

Tabelle 18: Fortsetzung

Versuchstag	Mineralwasseraufnahme (l)	Gesamt-Natriumaufnahme (g)	Gesamt-Kaliumaufnahme (g)	Natriumausscheidung im Urin (g)	Kaliumausscheidung im Urin (g)
22	0,2	2,14	1,54	3,57	1,91
23	0,7	2,71	1,52	2,55	2,39
24	-	1,91	1,53	3,51	2,01
25	0,8	2,89	1,56	3,51	2,55
26	-	1,92	1,52	3,11	1,59
27	0,2	2,14	1,51	2,70	2,07
28	0,4	2,41	1,54	2,35	2,40
29	0,5	2,52	1,55	2,29	1,65
30	0,4	2,43	1,56	1,67	1,74
31	0,2	2,20	1,57	2,25	1,87
32	1,0	3,13	1,56	1,65	1,68
33	0,2	2,18	1,54	3,87	1,91
34	0,2	2,16	1,53	2,05	1,90
35	0,6	2,66	1,55	2,15	1,83
36	0,5	2,52	1,52	2,70	2,10
37	0,2	2,18	1,54	2,75	1,97
38	0,2	2,16	1,53	2,15	2,09
39	-	1,94	1,54	3,16	1,76
40	0,4	2,40	1,54	2,52	1,47
41	0,2	2,18	1,54	1,74	1,99
42	0,2	2,06	1,45	1,88	1,28
43				2,75	1,78
44				5,40	1,76
45				5,41	1,00

Tabelle 19: Natrium- und Kaliumbilanzen Versuchsperson E

Versuchstag	Mineralwasseraufnahme (l)	Gesamt-Natriumaufnahme (g)	Gesamt-Kaliumaufnahme (g)	Natriumausscheidung im Urin (g)	Kaliumausscheidung im Urin (g)
- 3				4,86	1,42
- 2				6,95	2,15
- 1				8,83	2,57
1	0,3	2,02	1,35	2,41	2,08
2	0,4	2,25	1,43	2,26	2,34
3	0,4	2,25	1,43	1,03	2,02
4	0,3	2,14	1,43	0,96	1,67
5	0,6	2,49	1,44	1,58	1,42
6	0,5	1,38	1,43	1,40	1,74
7	0,3	2,14	1,43	2,34	1,72
8	0,3	2,24	1,54	2,98	1,32
9	0,2	1,76	1,22	2,21	0,86
10	0,25	2,09	1,49	1,59	1,41
11	-	1,86	1,48	1,90	1,72
12	0,4	1,63	0,92	1,54	0,69
13	0,4	2,37	1,52	3,02	1,06
14	0,3	2,04	1,35	3,01	0,81
15	0,6	2,55	1,48	2,35	1,16
16	0,2	2,02	1,42	1,48	1,23
17	0,25	1,95	1,33	2,77	1,11
18	0,2	2,11	1,50	1,65	0,47
19	0,2	2,15	1,53	1,80	0,40
20	0,6	2,60	1,51	3,62	1,06
21	0,5	2,47	1,51	3,67	0,94

Tabelle 19: Fortsetzung

Versuchstag	Mineralwasseraufnahme (l)	Gesamt-Natriumaufnahme (g)	Gesamt-Kaliumaufnahme (g)	Natriumausscheidung im Urin (g)	Kaliumausscheidung im Urin (g)
22	0,3	2,29	1,55	2,54	1,14
23	0,25	2,18	1,51	3,24	1,25
24	-	1,89	1,50	2,61	0,94
25	0,2	1,96	1,39	2,80	0,68
26	0,25	1,83	1,23	3,66	0,74
27	0,3	2,24	1,51	3,62	1,41
28	0,3	2,14	1,20	2,17	1,02
29	0,3	2,24	1,51	1,24	1,16
30	0,4	2,38	1,53	1,14	1,12
31	0,4	2,36	1,51	1,28	0,91
32	0,3	2,24	1,50	1,45	0,54
33	0,6	2,57	1,49	2,73	0,86
34	0,5	2,48	1,49	3,03	1,69
35	0,3	2,22	1,50	2,00	0,82
36	0,3	2,21	1,50	2,85	0,68
37	0,6	2,60	1,51	6,67	0,95
38	0,5	2,50	1,51	2,89	0,95
39	0,6	2,60	1,50	4,74	0,87
40	-	1,89	1,52	2,15	0,22
41	0,5	2,50	1,52	2,88	1,41
42	0,8	2,75	1,46	2,63	0,85
43				2,87	1,53
44				4,48	1,09
45				7,48	1,88

Tabelle 20: Natrium- und Kaliumbilanzen Versuchsperson F

Versuchstag	Mineralwasseraufnahme (l)	Gesamt-Natriumaufnahme (g)	Gesamt-Kaliumaufnahme (g)	Natriumausscheidung im Urin (g)	Kaliumausscheidung im Urin (g)
- 3				5,71	2,99
- 2				3,60	1,53
- 1				3,30	1,35
1	-	0,71	0,52	2,98	2,02
2	-	1,07	0,84	0,97	1,53
3	1,5	2,84	0,87	1,12	1,94
4	-	1,07	0,84	0,77	0,66
5	-	1,07	0,84	0,81	0,96
6	-	1,07	0,84	0,72	1,46
7	0,5	1,66	0,85	1,13	1,11
8	0,4	1,67	0,95	1,32	0,93
9	-	1,20	0,95	1,16	0,89
10	-	1,19	0,94	1,64	0,93
11	-	1,29	1,02	0,43	0,64
12	-	0,94	0,74	0,69	0,75
13	-	1,39	1,10	1,73	1,04
14	-	1,27	1,00	1,67	1,48
15	-	1,44	1,14	1,70	1,41
16	-	1,44	1,14	1,81	1,63
17	-	1,25	0,98	1,38	1,30
18	-	1,25	0,98	1,41	1,00
19	-	1,04	0,82	1,42	1,00
20	-	1,39	1,10	0,87	0,84
21	-	1,35	1,07	1,49	1,14

Tabelle 20: Fortsetzung

Versuchstag	Mineralwasseraufnahme (l)	Gesamt-Natriumaufnahme (g)	Gesamt-Kaliumaufnahme (g)	Natriumausscheidung im Urin (g)	Kaliumausscheidung im Urin (g)
22	-	1,42	1,12	3,03	1,50
23	-	1,35	1,07	1,97	1,58
24	-	1,35	1,07	2,91	1,48
25	-	1,43	1,13	1,76	1,25
26	-	1,24	0,98	1,81	1,28
27	-	1,37	1,08	1,98	1,48
28	-	1,28	1,01	2,42	2,36
29	-	1,42	1,12	1,85	1,30
30	-	1,28	1,01	1,40	1,48
31	-	1,51	1,19	1,16	1,14
32	-	1,43	1,14	2,27	1,24
33	-	1,31	1,03	1,92	1,23
34	0,25	1,60	1,04	0,82	0,75
35	-	1,25	0,98	2,44	1,07
36	0,35	1,99	1,26	1,49	1,17
37	-	1,17	0,95	1,59	0,81
38	-	1,31	1,03	1,34	0,84
39	-	1,35	1,07	1,45	0,82
40	-	1,31	1,03	1,19	0,81
41	-	1,35	1,07	2,66	1,51
42	-	1,25	0,98	1,71	1,63
43				1,39	2,01
44				1,68	1,21
45				1,62	1,15

Tabelle 21: Energiezufuhr in Relation zu Körpergewicht und Körperoberfläche

Versuchsperson	A	B	C	D	E	F
Gewicht kg	68,0	70,0	59,2	90,0	80,0	50,7
Gewichtsänderung kg	- 3,8	- 2,1	- 3,9	- 2,5	- 1,6	- 1,9
Energieaufnahme kJ	8016	10833	12331	12440	12524	7823
" kcal	1915	2588	2946	2972	2992	1869
" kJ/kg	118	155	208	138	156	154
" kcal/kg	28,2	37,0	49,8	33,0	37,4	36,9
Körperoberfläche m^2	1,8	1,9	1,7	2,1	2,0	1,5
Energie-Energieaufnahme kJ/m^2	4453	5701	7253	5924	6262	5215
" $kcal/m^2$	1064	1362	1733	1415	1496	1246

Tabelle 22: Prozentualer Linolsäuregehalt der verwendeten Formeldiäten

Formeldiät		II	V	VII
Prozentualer Anteil der Linolsäure am Nahrungsfett	%	20,93	10,08	56,99
Prozentualer Anteil der Linolsäure am Energiegehalt der Formeldiät	%	5,2	2,5	14,2

Tabelle 23: Natriumbilanzen (Gesamtaufnahme minus Gesamtausscheidung je Formeldiät)

Formeldiät	II	V	VII
	Natrium-bilanz (g)	Natrium-bilanz (g)	Natrium-bilanz (g)
Versuchsperson A	- 5,13	- 1,6	- 4,34
B	- 2,53	1,54	0,68
C	9,14	- 3,79	1,23
D	6,08	- 5,11	- 0,11
E	- 6,74	0,43	- 7,6
F	- 3,76	1,30	- 7,36

Abb. 1: Gewichtsverlauf, Energiezufuhr, subjektive Gesundheitsstörungen und Stuhlanamnese von Versuchsperson A

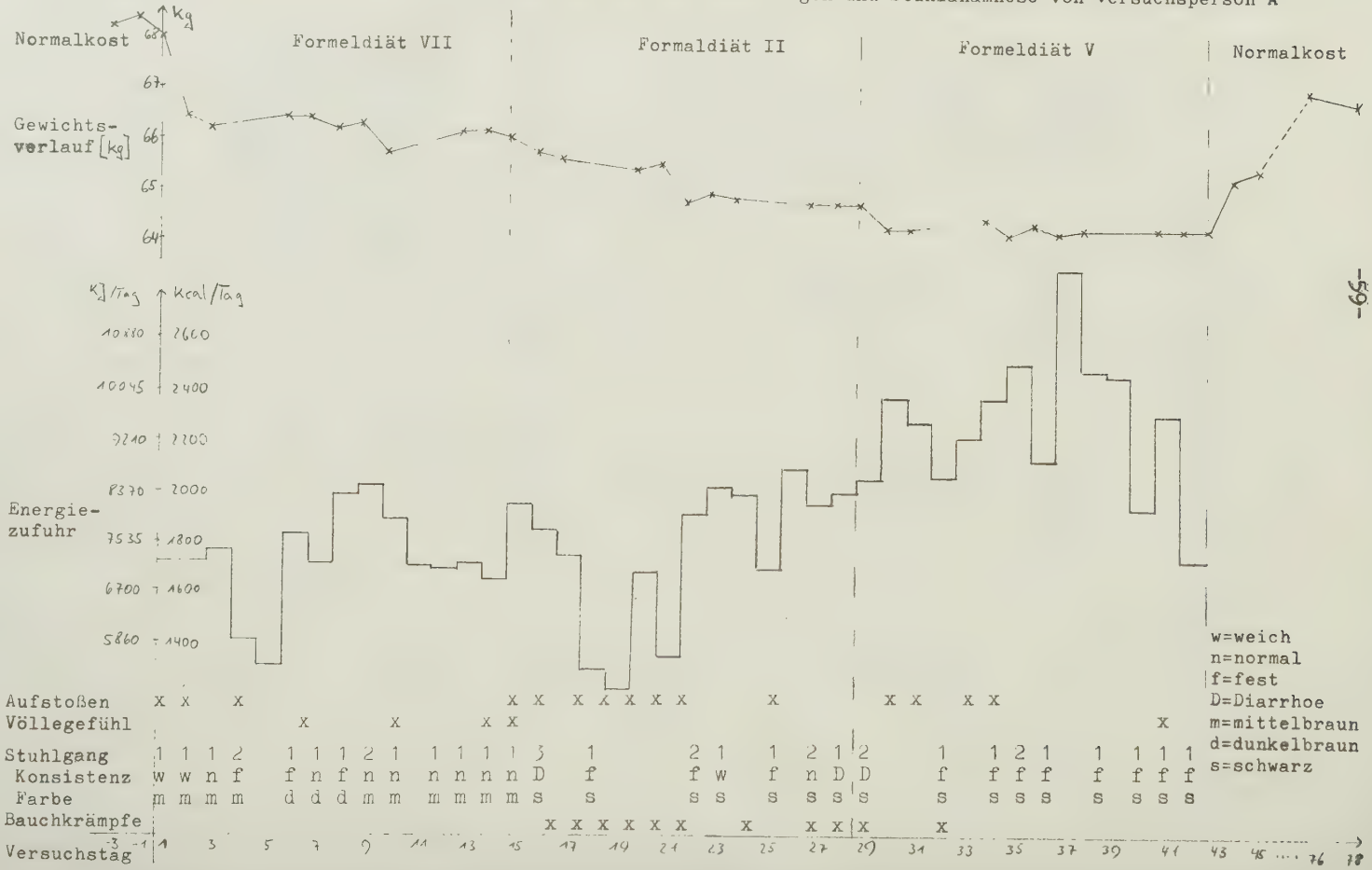


Abb. 2: Gewichtsverlauf, Energiezufuhr, subjektive Gesundheitsstörungen und Stuhlanamnese von Versuchsperson B

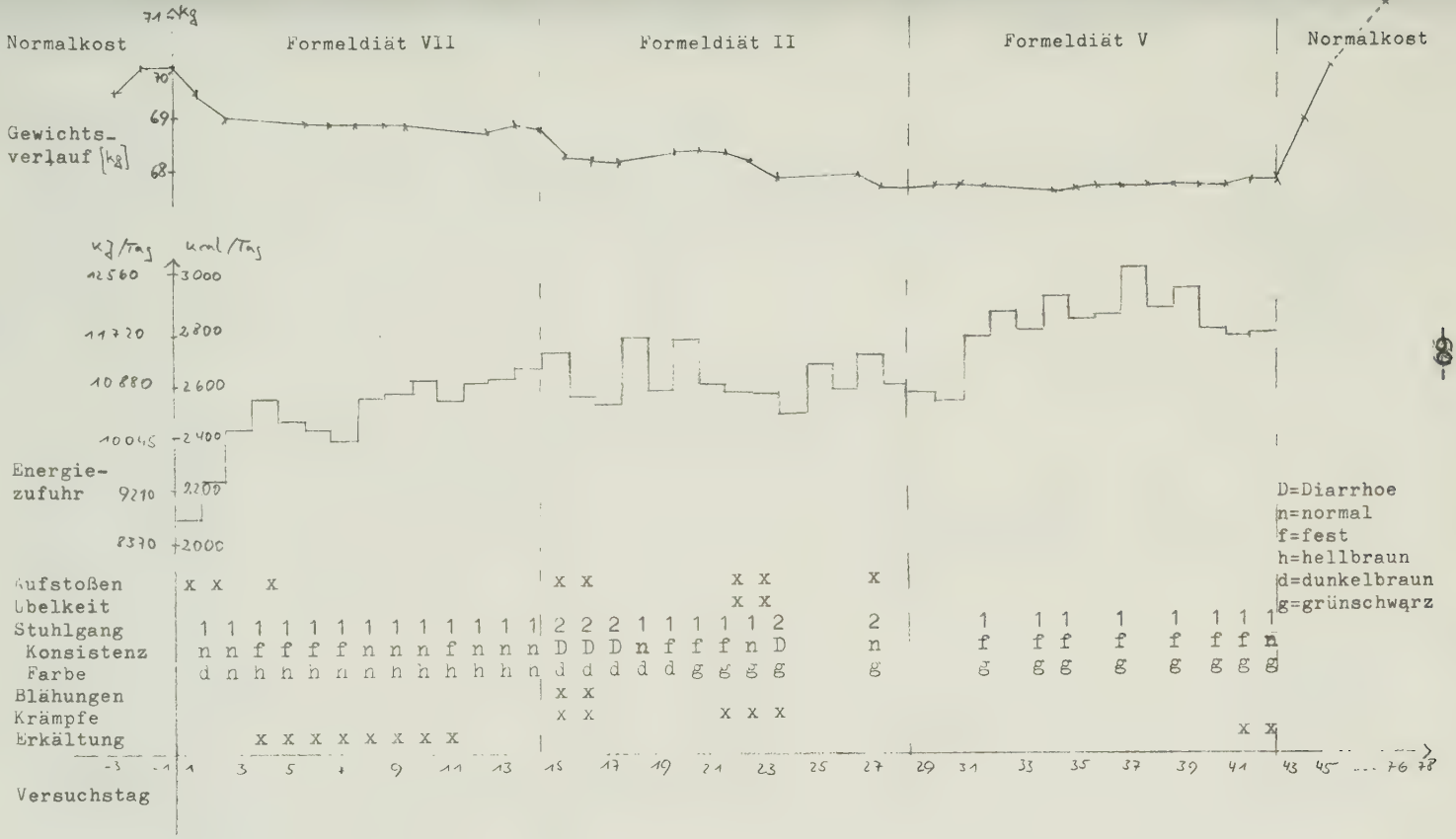
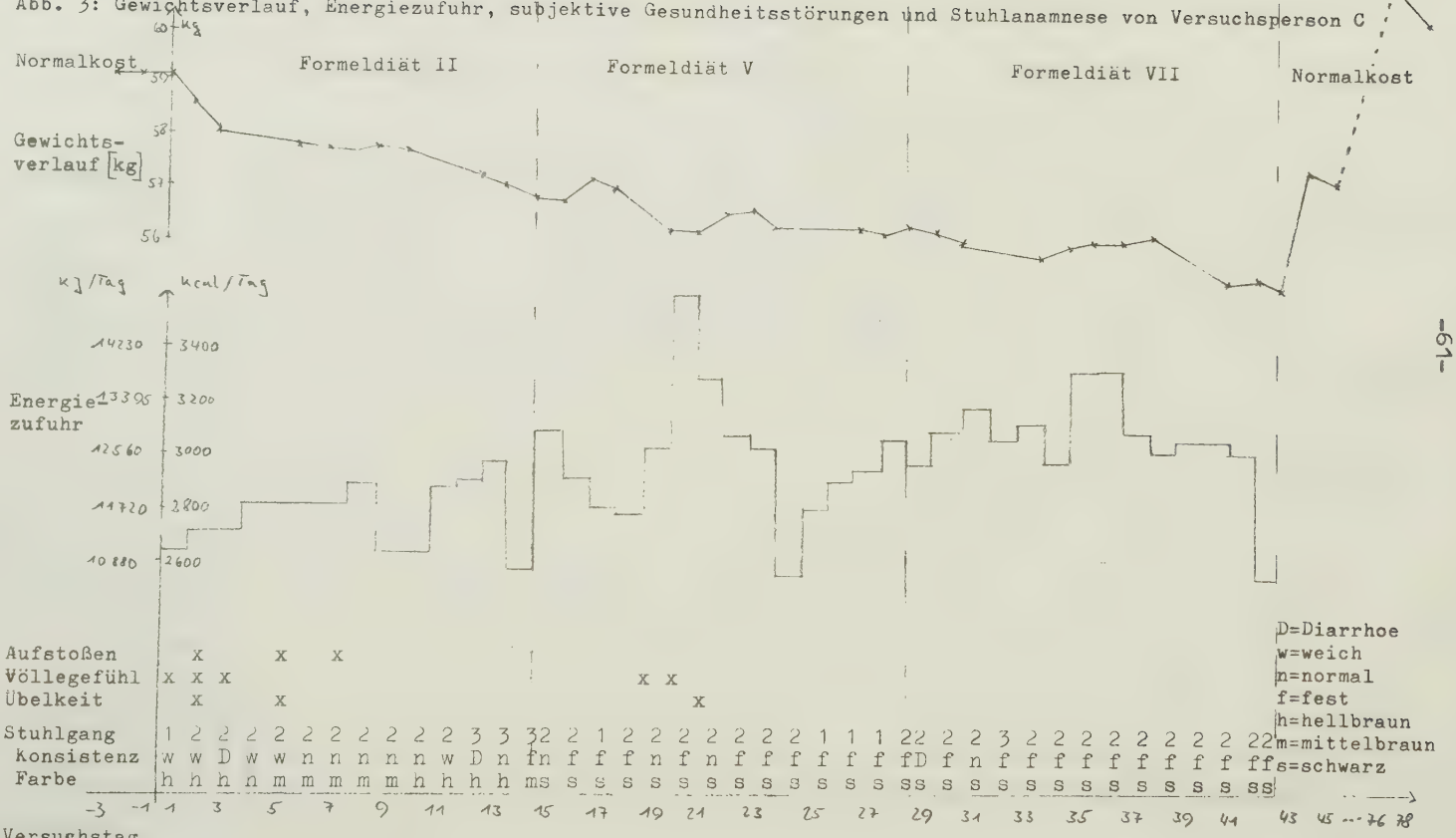


Abb. 3: Gewichtsverlauf, Energiezufuhr, subjektive Gesundheitsstörungen und Stuhlanamnese von Versuchsperson C



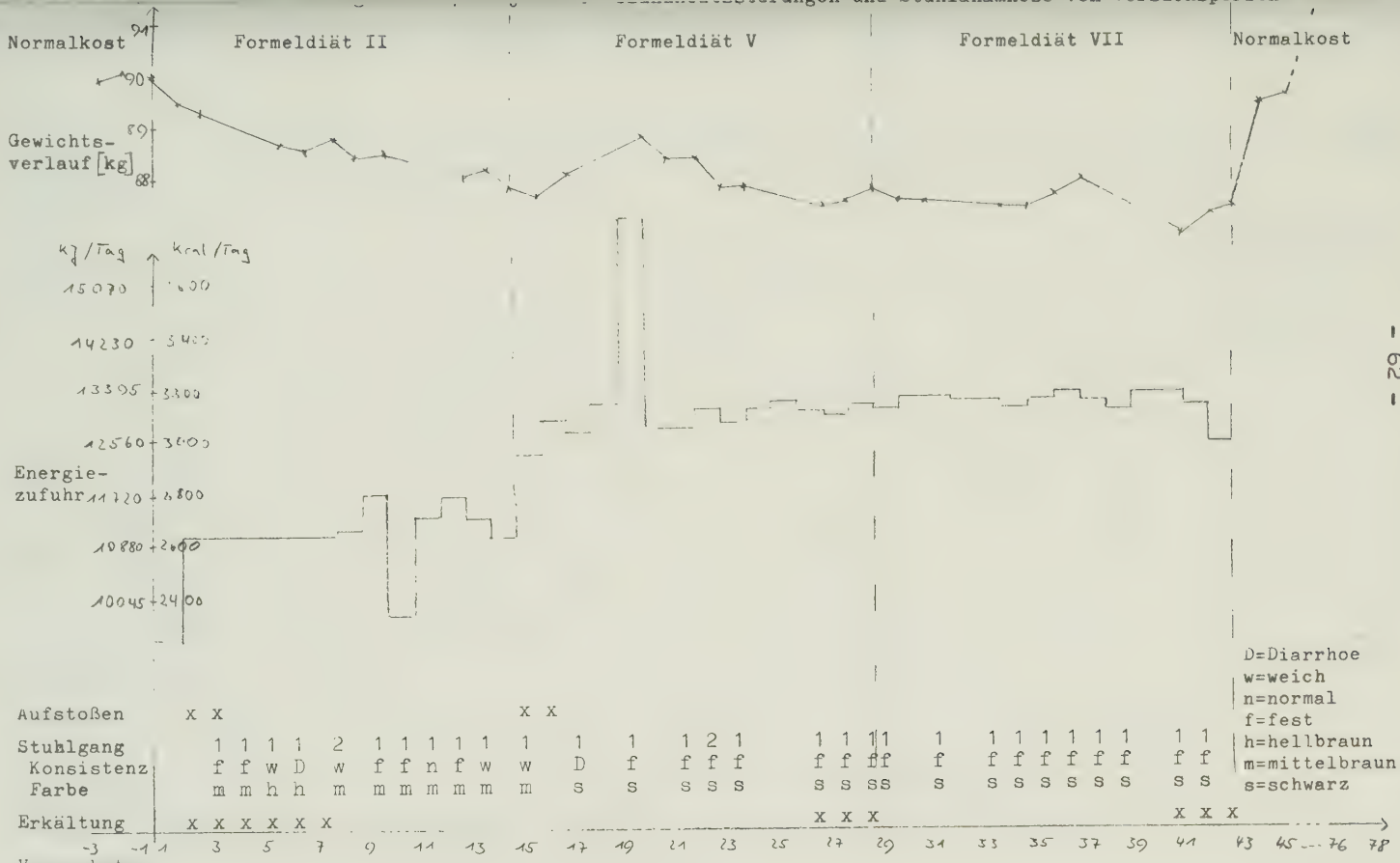
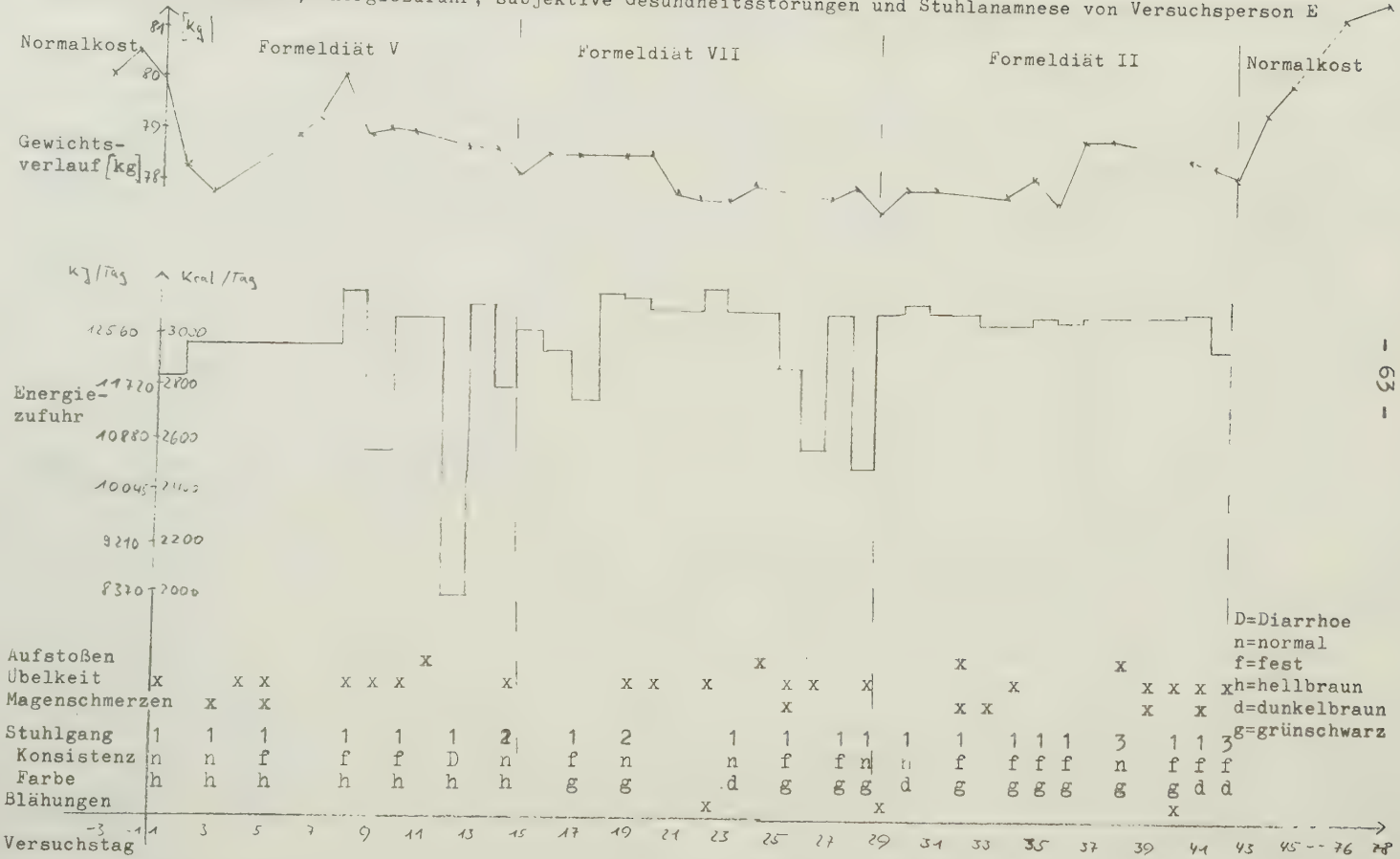

Normalkost
Formeldiät II
Formeldiät V
Formeldiät VII
Normalkost
Gewichts-verlauf [kg]
91
90
89
88
kJ/Tag
kcal/Tag
15070
14230
13395
12560
11720
10880
10045
3600
3400
3200
3000
2800
2600
2400
Energie-zufuhr
Aufstoßen
Stuhlgang
Konsistenz
Farbe
Erkältung
Versuchstag
-3 -1 1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29 31 33 35 37 39 41 43 45 76 78
D=Diarrhoe
w=weich
n=normal
f=fest
h=hellbraun
m=mittelbraun
s=schwarz

Abb. 5: Gewichtsverlauf, Energiezufuhr, subjektive Gesundheitsstörungen und Stuhlanamnese von Versuchsperson E



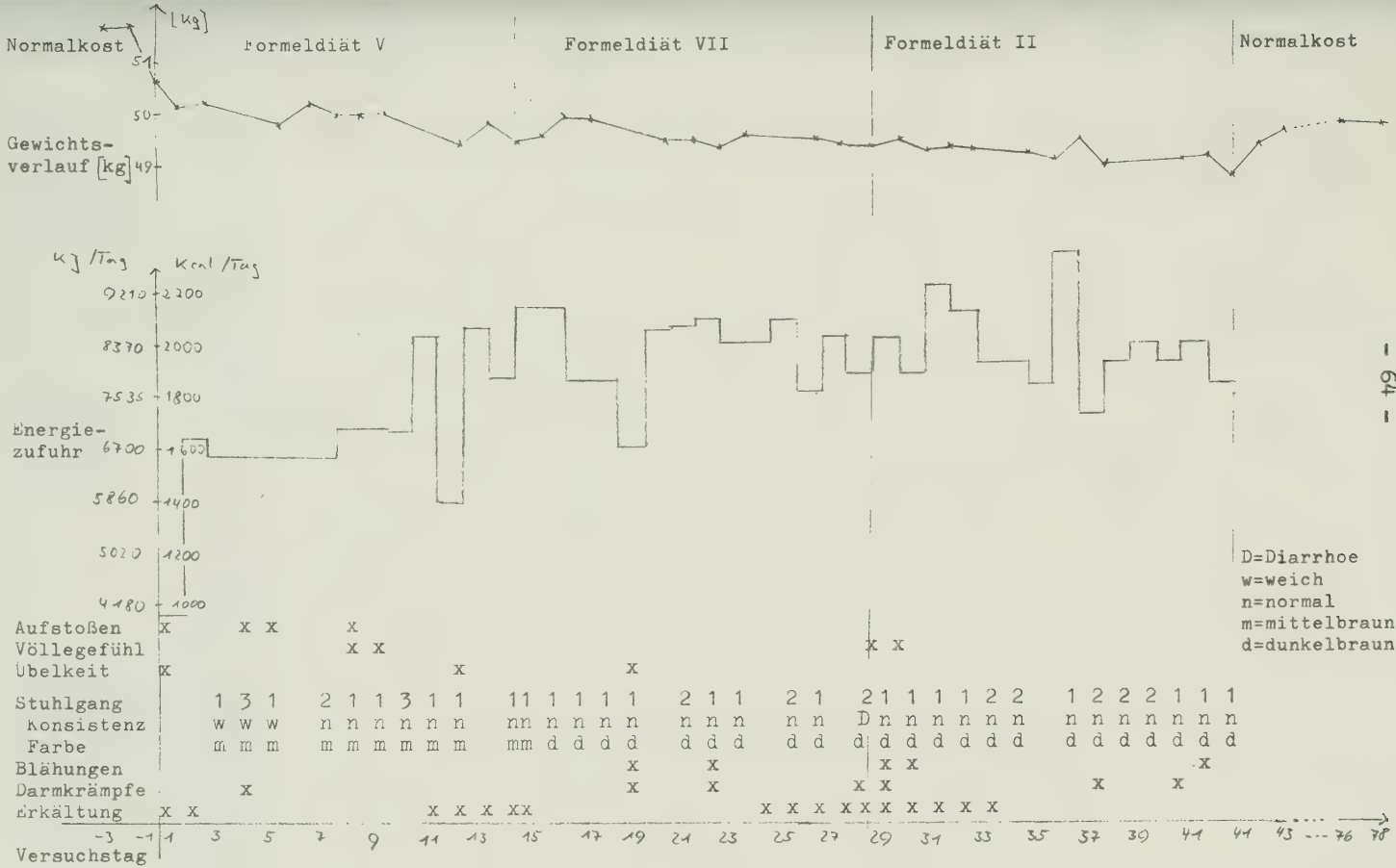
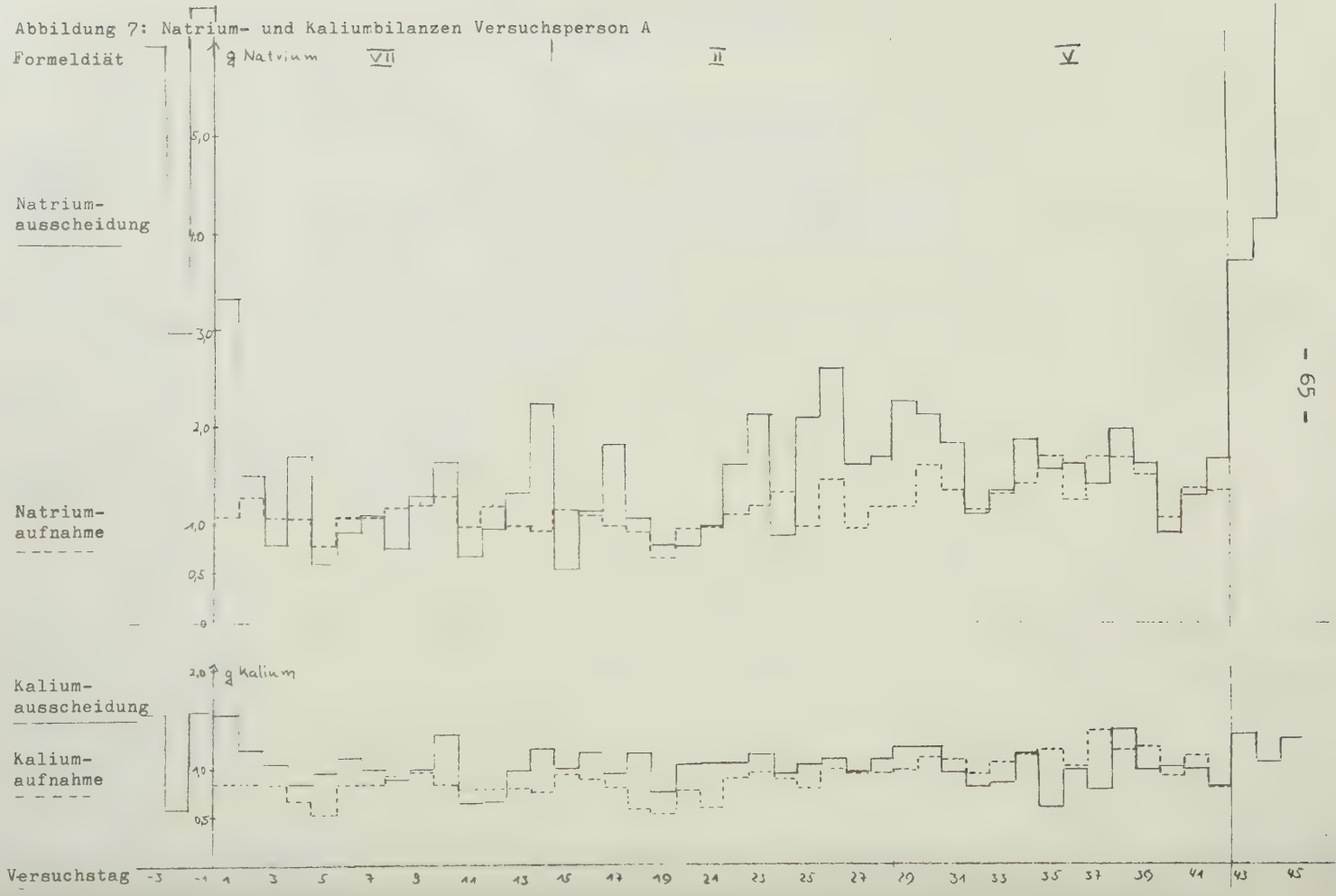

Normalkost
[kg]
Formeldiät V
Formeldiät VII
Formeldiät II
Normalkost
51
50
49
Gewichts-
verlauf [kg]
kJ /Tag
Kcal /Tag
9210
8370
7535
6700
5860
5020
4180
2200
2000
1800
1600
1400
1200
1000
Energie-
zufuhr
Aufstoßen
Völlegefühl
Übelkeit
Stuhlgang
Konsistenz
Farbe
Blähungen
Darmkrämpfe
Erkältung
D=Diarrhoe
w=weich
n=normal
m=mittelbraun
d=dunkelbraun
-3 -1 1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29 31 33 35 37 39 41 41 43 --- 76 78
Versuchstag

Abbildung 7: Natrium- und Kaliumbilanzen Versuchsperson A



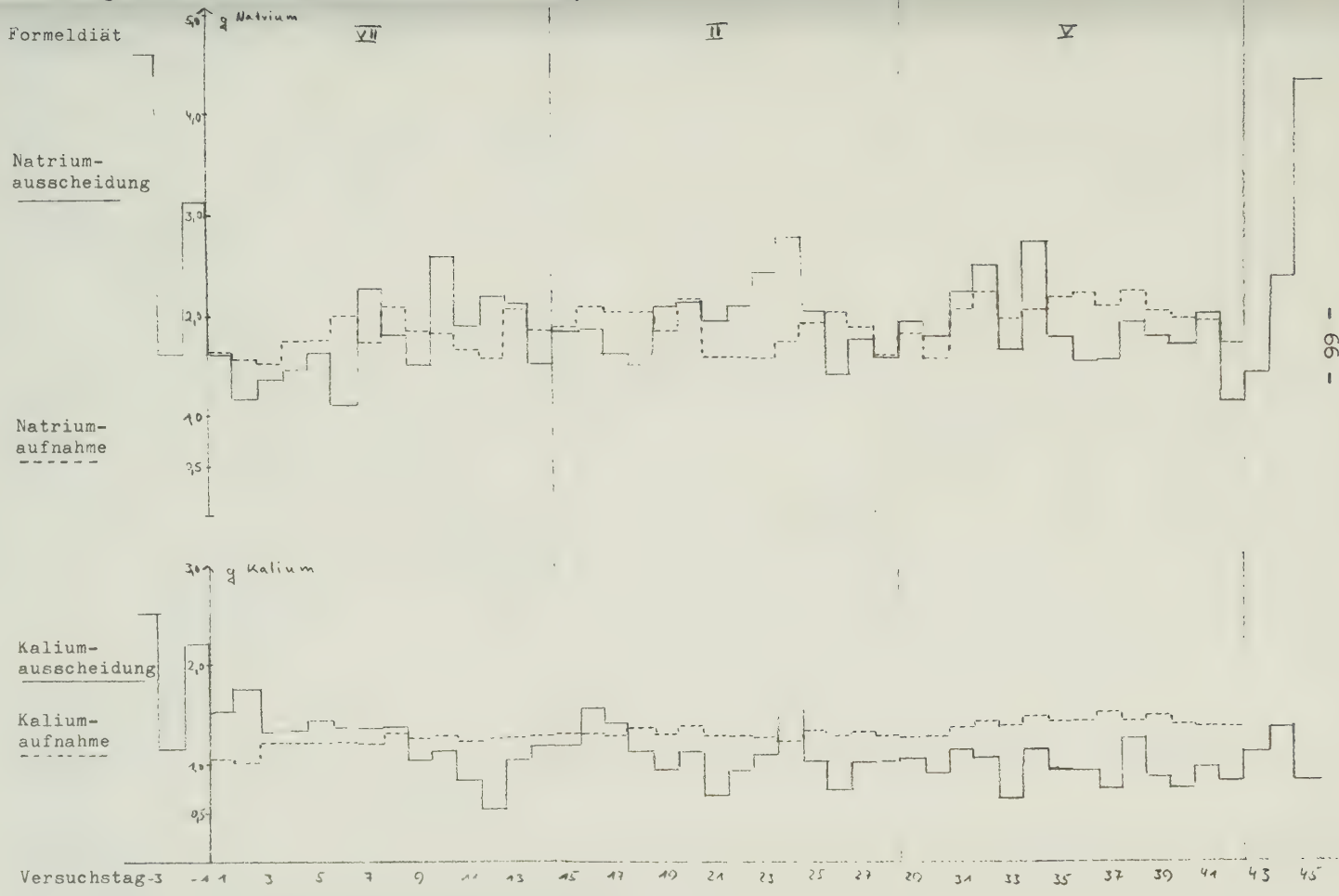

Formeldiät
g Natrium
VII
II
V
5,0
4,0
3,0
2,0
1,0
3,5
Natrium-
ausscheidung
Natrium-
aufnahme
g Kalium
3,0
2,0
1,0
0,5
Kalium-
ausscheidung
Kalium-
aufnahme
Versuchstag -3 -1 1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29 31 33 35 37 39 41 43 45

Abbildung 9: Natrium- und Kaliumbilanzen Versuchsperson C

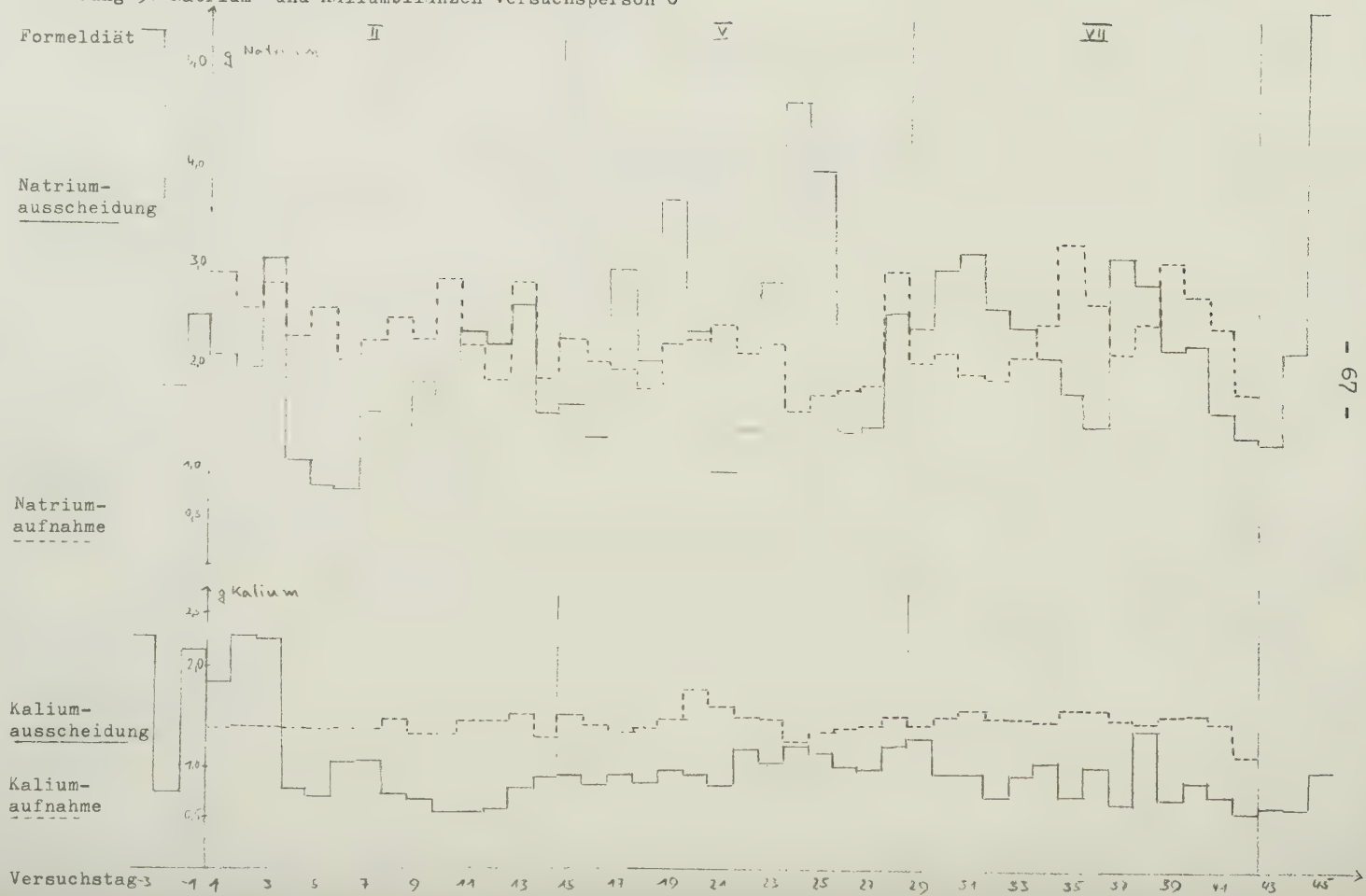
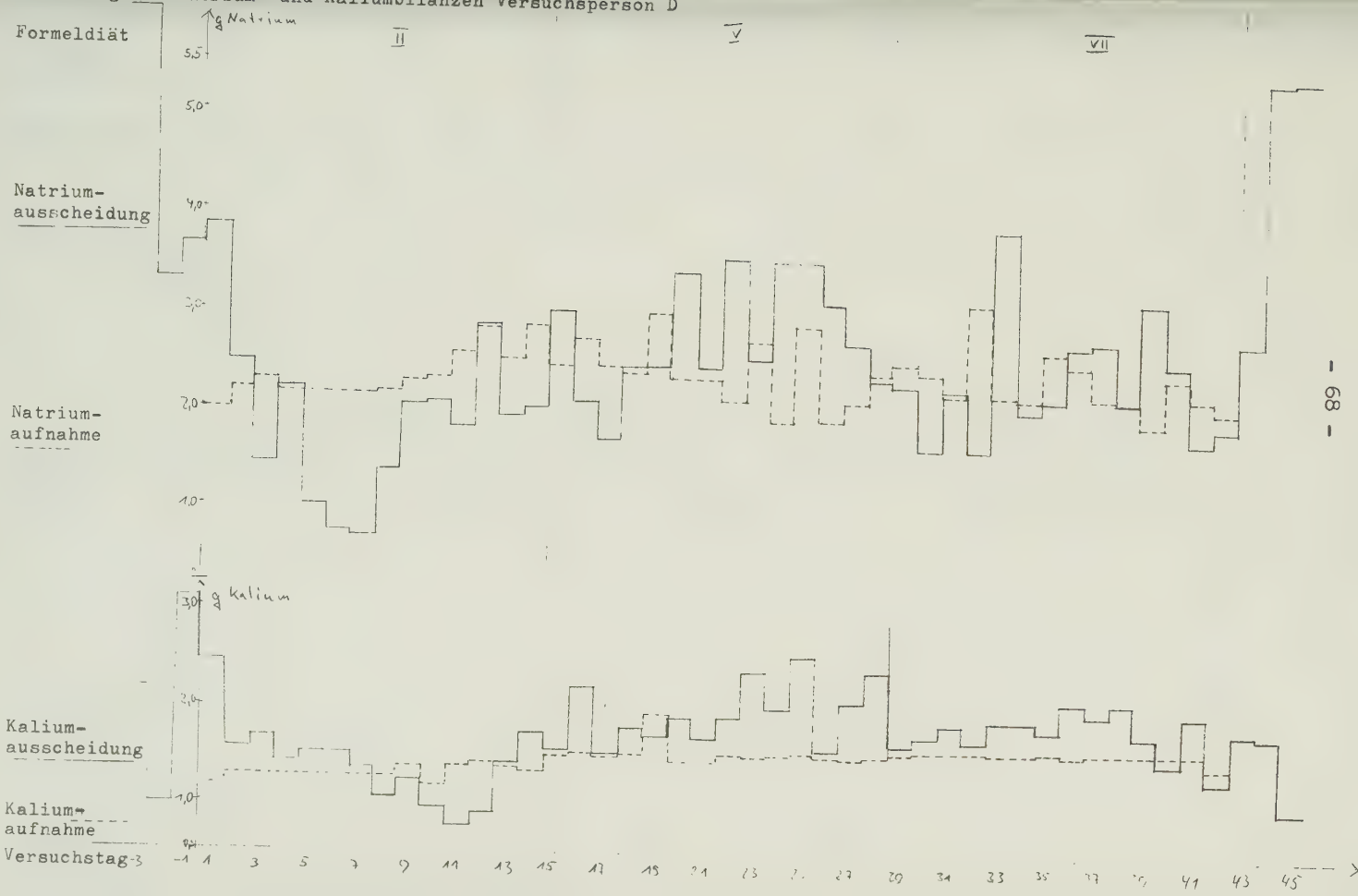


Abbildung 10: Natrium- und Kaliumbilanzen Versuchsperson D



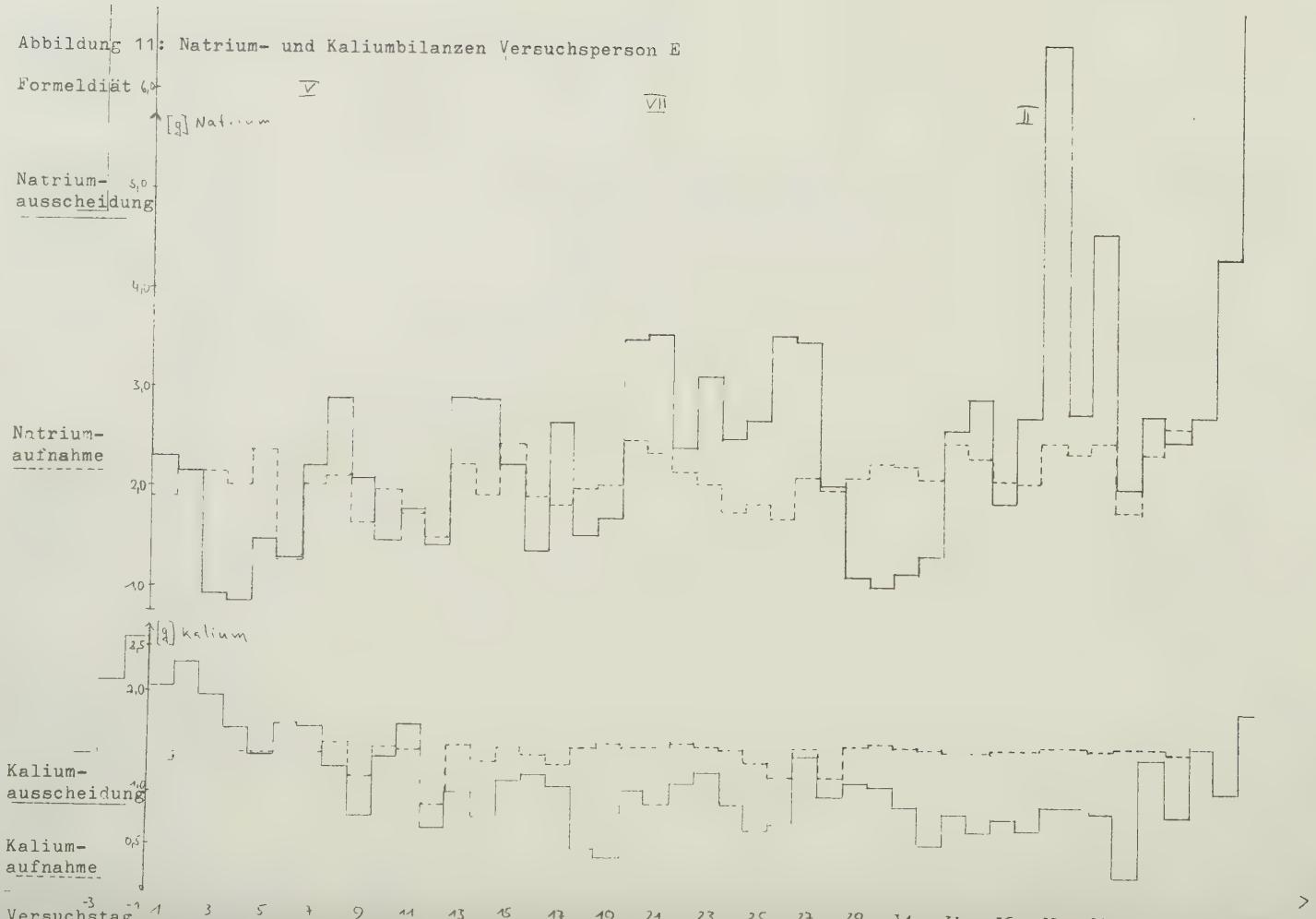


Abbildung 11: Natrium- und Kaliumbilanzen Versuchsperson E
Formeldiät
V
VII
II
[g] Natrium
Natrium-ausscheidung
Natrium-aufnahme
5,0
4,0
3,0
2,0
1,0
[g] Kalium
2,5
2,0
1,0
0,5
Kalium-ausscheidung
Kalium-aufnahme
-3
1
3
5
7
9
11
13
15
17
19
21
23
25
27
29
31
33
35
37
39
41
43
45
Versuchstag

Abbildung 12: Natrium- und Kaliumbilanzen Versuchsperson F

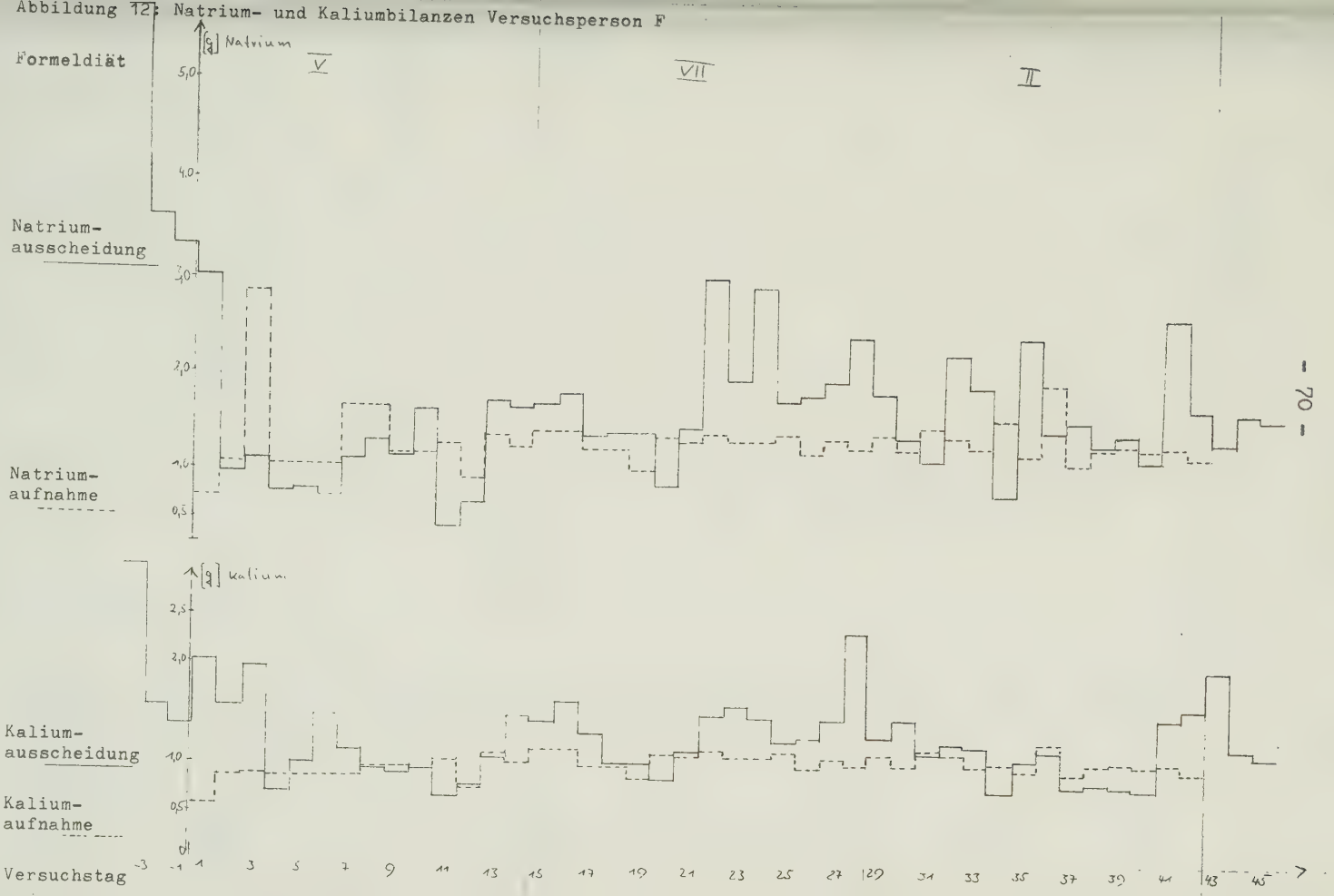


Abbildung 13: Durchschnittliche tägliche Energiezufuhr in Relation zu Körpergewicht (TeilA) und zu Körperoberfläche (Teil B) im Vergleich zu den Ergebnissen von Ahrens.

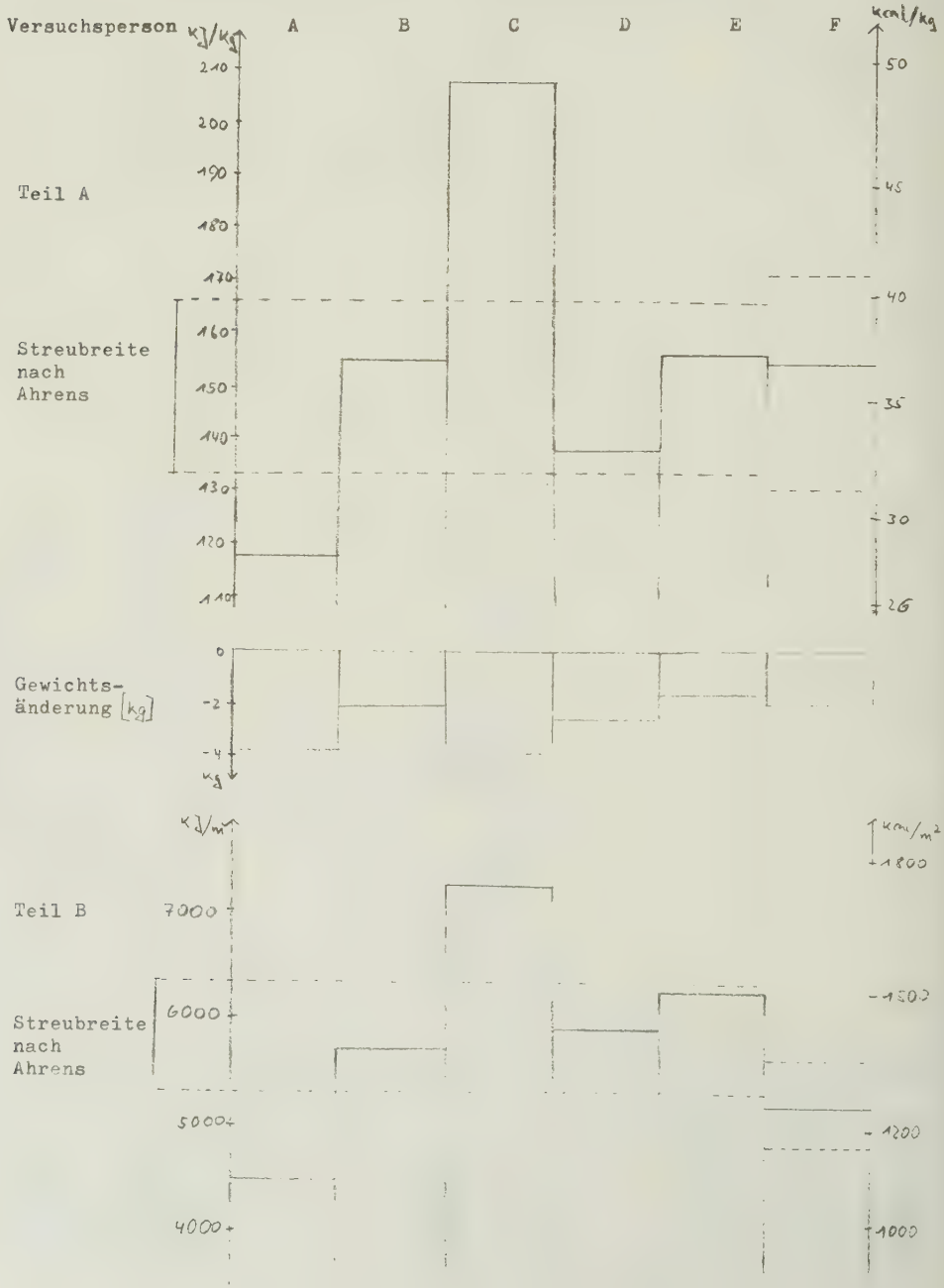
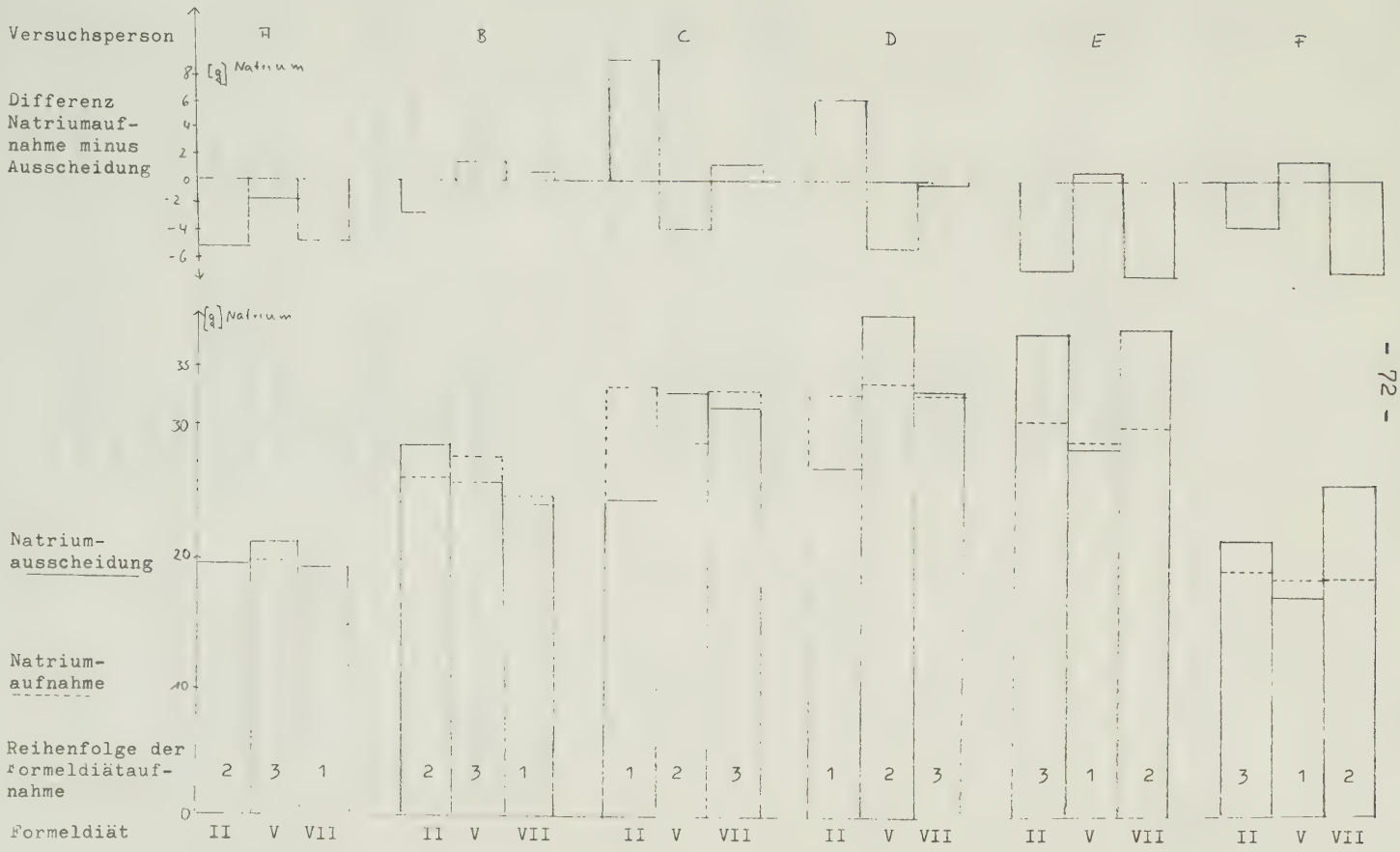


Abbildung 14: Natriumbilanzen summiert je Formeldiät



G. L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S

1. Kalorien mundgerecht
herausgegeben von der Ernährungsberatung der Nestle-Gruppe Deutschland, Umschau Verlag Frankfurt/Main

2. Nährwert-Broschüre
Deutsche Lebensmittelwerke GmbH, Hamburg
2. Auflage 1973

3. Ahrens, E.H.Jr. The Use of Liquid Formula Diets in Metabolic Studies: 15 Years Experience
Advances in Metabolic Disorders Vol. 4
ed. R. Levine and Luft R.
Academic Press, New York - London 19

4. Ahrens, E.H. Jr.
Dole, V.P.
Blankenhorn, D.H. The Use of Orally-fed Liquid Formulas in Metabolic Studies
Amer.J.Clin.Nutr. 2, 336-342 (1954)

5. Aschoff, J.
Günther, B.
Kramer, K. Energiehaushalt und Temperaturregulation
herausgegeben von Gauer-Kramer-Jung
Verlag Urban & Schwarzenberg
München - Berlin - Wien 1971

6. Bäßler, K.- H.
Fekl, W.
Lang, K. Grundbegriffe der Ernährungslehre
Springer-Verlag
Berlin Heidelberg New York 1973

7. Bajusz, E. Herz-Kreislauf-Erkrankungen und Ernährung
Bayerischer Landwirtschaftsverlag
München, Basel, Wien 1967

8. Bellet, S. — Potassium: Cardiac Aspects (Advances in Medicine and Surgery from the Graduate School of Medicine of the University of Pennsylvania) Philadelphia, 1942

9. Bergström, S. Danielsson, H. Samuelsson, B. — The enzymatic formation of prostaglandin E_2 from arachidonic acid. Biochim. biophys. Acta (Amst.) 90, 207 (1964)

10. DuBois — Basal Metabolism in Health and Disease Lea & Febinger, Philadelphia 1927

11. Browne, S.E. — Magnesium and Cardovascular Disease Brit. Med. J., 13.7., 118 (1963)

12. Chasson, A.L. Grady, H.J. Stanley, M.A. — Am. J. Clin. Path., 35, 83 (1961)

13. Comberg, H.-U. Heyden, S. Hames, C.G. — Hypotensive Effect of Dietary Prostaglandin Precursor in Hypertensive Man Prostaglandins, January 1978 Vol 15 No. 1

14. Crawford, T. — Morphological aspects in the pathogenesis of atherosclerosis J. Atheroscler, Res. 1, 3 (1961)

15. Darrow, D.C. — Physiological basis of potassium therapy J. Amer. Med. Ass., 162, 1310 (1956)

16. Deetjen, P.
Boylan, J.W.
Kramer, K.
Niere und Wasserhaushalt
herausgegeben von Gauer-Kramer-Jung
Verlag Urban & Schwarzenberg
München - Berlin - Wien 1973

17. Deutsch, E.
Geyer, G.
Laboratoriumsdiagnostik
Verlag August Steinkopf, Berlin 1969

18. Domagk, G.F.
Eisenburg, J.
Kramer, K.
Ernährung, Verdauung, Intermediär-
stoffwechsel
herausgegeben von Gauer-Kramer-Jung
Verlag Urban & Schwarzenberg
München - Berlin - Wien 1972

19. v. Euler, U.S.
Über die spezifische blutdrucksenkende
Substanz des menschlichen Prostata- und
Samenblasensekretes
Klin. Wschr. 33, 1182 (1935)

20. Ganong, W.F.
Medizinische Physiologie
Springer-Verlag, Berlin Heidelberg
New York 1972

21. Gockel, H.
Analyse der Überkinger Quelle vom
Institut für angewandte Chemie
Stuttgart 1974

22. Halden, W.
Prokop, L.
Cholesterin - Ernährung - Gesundheit
München, Berlin, Wien 1957
Verlag Urban & Schwarzenberg

23. Hanahan, D.J.
Lipid Chemistry
New York (1960)

24. Herman, R.H.
Zakim, D.
Fructose Metabolism
Amer. J. Clin. Nutr. 21, 245 - 249 (1968)

25. Holy, H.W.
Automation in Analytical Chemistry
Technicon, Int. Symp. London, 37 - 44 (1969)

26. Houtsmuller, U.M.T.
Biochemical Aspects of Fatty Acids with Trans Double Bonds
Procheedings 13th World Congress Int. Soc. for Fat Res. Marseille, 1976
INTERG, Paris, Symp. 3, p. 79 - 97

27. Jaffa, M.
Hoppe Seyler's Zeitschrift für physiologische Chemie 10, 399 (1886)

28. Jahnecke, J.
Risikofaktor Hypertonie
Boehringer, Mannheim 1974

29. Jolliffe, N.
Clinical Nutrition
New York 1962

30. Kinsell, L.W.
Patridge, J.
and others
Dietary modification of serum cholesterol and phospholipid levels
J. Clin. Endocrin. 12, 909 (1952)

31. Kotranyi, E.
Einführung in die Ernährungslehre
Umschau Verlag Frankfurt/Main 1960

32. Lee, J.B.
Prostaglandins and blood pressure control.
Amer. J. Med. 61: 681 - 695. 1976

33. Levine, J.B.
Larrabee, E.W.
Automation in Analytical Chemistry
Technicon, New York, 15 - 17 (1966)

34. Lohr
Rottmüller
Untersuchung des Münchner Leitungswassers
Stadtwerke München

35. Mehnert, H.
Förster, H.
Stoffwechselkrankheiten
G. Thieme Verlag Stuttgart 1975

36. Mertz, D.P.
Elektrolytstoffwechsel und arterielle Hypertension
F.K. Schattauer Verlag,
Stuttgart/New York 1971

37. Mottran, V.H.
Graham, G.
Hutchinson's Food and the Principles of Dietics
11. Aufl. (London 1956)

38. Rapoport, A.
Hudson, H.
Clin. Chem. 14, 222 - 238 (1968)

39. Selye, H.
Elektrolyte, Stress und Herznekrose
Verlag Benno Schwabe & Co.,
Basel 1960

40. Sperry, W.M.
Lipide Analyses. In: Methods of Biochemical Analysis.
Vol. 2, P 83
New York/London: Interscience Publishers 1955

41. Stare, F.J. and others — Amer. J. Med. 14, 654 (1953)

42. Terragno, N.A. Malik, K.U. Nashletti, D.A. Terragno and McGiff, J.C. — In: Advances in Prostaglandin and Thromboxane Research Vol. 2 (B. Samuelsson and R. Paoletti, eds.) Raven Press, New York, 1976, p. 561

43. Tibbetts, D.M. Aub, J.C. — Magnesium metabolism in health and disease J. Clin. Invest. 16, 491 (1937)

44. Triebe, G. Block H.U. and Förster, W. — On the blood pressure response of salt-loaded rats under different content of linoleic acid in the food Acta Biol. Med. Germ. 35: 1223 - 1224 1976

45. Trunninger, B. — Wasser- und Elektrolythaushalt 4. Auflage Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1974

46. Vitale, J.J. Hellerstein, E.E. and others — Studies on the interregulationships between dietary magnesium and calcium in atherogenesis and renal lesions J. Clin. Nutr. 7, 13 (1959)

47. Weber, P.C. Larsson, C. and Scherer, B. — Prostaglandin E_2-9-ketoreductase as a mediator of salt intake-related prostaglandin-renin interaction Nature 266: 65. 1977

48. Weber, P.C.
Mann, K.
Gewebshormone der Niere
Der Internist 18, 529 - 537 (1977)
Springer-Verlag

49. Welsch, A.
Krankenernährung
G. Thieme Verlag, Stuttgart 1969

50. Wolfram, G.
Ernährung, Serumlipide und Arterioskerlose
Medizin und Ernährung 12/1972, 9, 201

51. Yudkin, J.
Morland, J.
Sugar intake and Myocardial Infarktion
Amer. J. Clin. Nutrit. 20, 503 - 506 (1967)

52. Zöllner, N.
Klinische Ernährungslehre
Vorträge und Diskussionen
herausgegeben von Lang K.
Dr. Dietrich Steinkopff Verlag
Darmstadt 1964

53. Zöllner, N.
Häussler
Brandlmeier
Korfmacher
Stoffwechsel, Ernährung, Endokrinium
herausgegeben von N. Zöllner und G. Wolfram
Springer Verlag
Berlin Heidelberg New York 1975

54. Zumkley, H.
Klinik des Wasser-, Elektrolyt- und Säure-Basen-Haushalts
G. Thieme Verlag, Stuttgart 1977

Lebenslauf

Name:	Ludwig Leibl
Geburtstag und -ort:	19. Januar 1953 in Straubing
Staatszugehörigkeit:	deutsch
Eltern:	Ludwig Leibl, Gartenbauingenieur
	Franziska Leibl, Hausfrau
Wohnung:	8440 Straubing, Augsburger Str. 46

Schulbesuch

1959 - 1963	Volksschule St. Peter Straubing
1963 - 1972	Ludwigsgymnasium Straubing
23.6.1972	Reifeprüfung

Zahnmedizinisches Studium an der Ludwig Maximilians-Universität in München von November 1972 bis Juli 1978.

Bestandene Prüfungen

23.10.1973	Naturwissenschaftliche Vorprüfung
22.4.1975	Zahnärztliche Vorprüfung
3.7.1978	Zahnärztliches Staatsexamen

Assistentenzeit

Seit September 1978 bei der Bundeswehr.

Der vorliegend beschriebene Ernährungsversuch fand vom 11. Februar 1976 bis 24. März 1976 in der Medizinischen Poliklinik der Universität München unter der Leitung von Herrn Prof. Dr. G. Wolfram statt.

Für die Überlassung des Themas und seine Unterstützung bei der Durchführung des Versuchs möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. G. Wolfram bedanken.

Für seinen Rat bei der Konzeption der vorliegenden Arbeit gilt mein Dank Herrn Dr. O. Adam.